This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

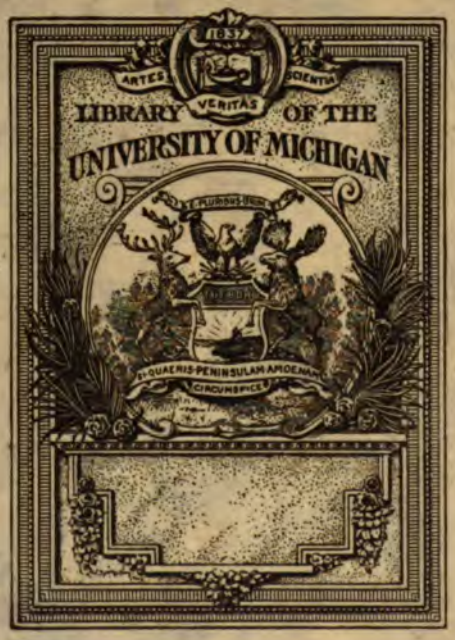
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

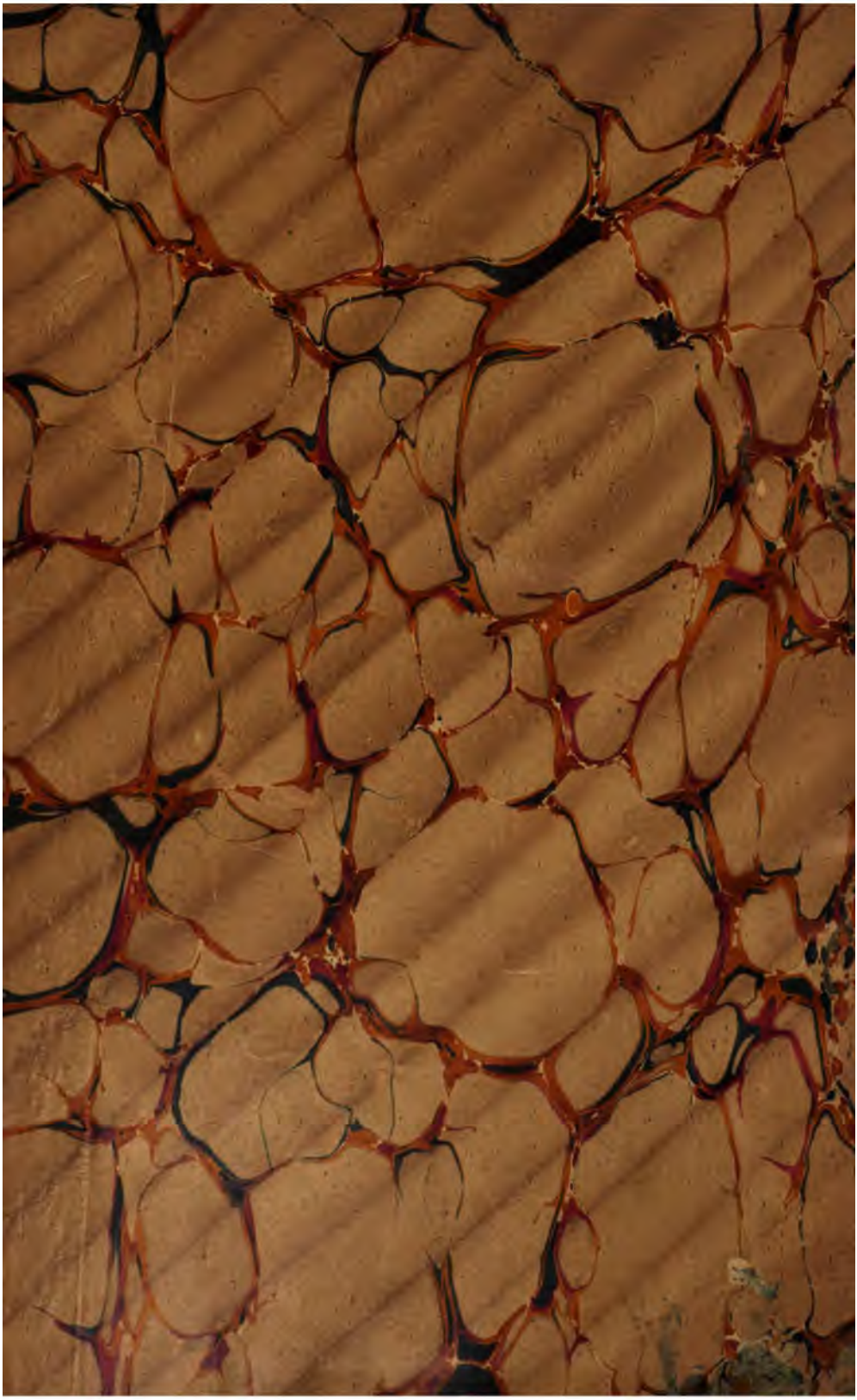
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

A 3 9015 00382 912 7
University of Michigan – BUHR


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE



SCIENCE LIBRARY
QE
351
.S68

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE

DE

MINÉRALOGIE

Fondée le 21 mars 1878

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 2 FÉVRIER 1886.

TOME VINGTIÈME

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE, BAUDRY & Cie, ÉDITEURS

15, rue des Saints-Pères, 15

MAISON A LIÈGE, RUE DES DOMINICAINS, 7

—

1897

SOCIÉTÉ FRANÇAISE

DE

MINÉRALOGIE

LISTE DES MEMBRES

1897

Membres honoraires décédés.

MILLER (W. H.).
ADAM.
KOBELL (Fr. von).
SMITH (Lawrence).
SELLA (Q.).
RATH (G. vom).
DOMEYKO (I.).
LEUCHTENBERG (S. A. I. le grand-duc Nic. de).
KOKSCHAROW (N. de).
SCACCHI (A).
SZÁBO (J.).
MARIGNAC (Ch. de).
DANA (J.-D.).

Membres honoraires.

DAMOUR (A.), membre de l'Institut, 10, rue Vignon, Paris.

DES CLOIZEAUX (A.), membre de l'Institut, professeur honoraire de Minéralogie au Muséum, 13, rue Monsieur, Paris.

FRIEDEL (Ch.), membre de l'Institut, professeur de Chimie organique à la Faculté des Sciences, conservateur des collections de Minéralogie à l'École des Mines, 9, rue Michelet, Paris.

LANG (V. von), professeur à l'Université de Vienne.

NORDENSKIOELD (Baron A. E.), membre de l'Académie des Sciences, Stockholm.

RAMMELSBERG (Prof. Dr C.), Geh. Bergrath, Gr. Lichterfelde bei Berlin.

ROSENBUSCH (Dr H.), professeur à l'Université de Heidelberg.

SCHRAUF (A.), professeur de Minéralogie et directeur du Musée minéralogique de l'Université de Vienne.

TOPSOE (Dr H.), professeur à l'École militaire de Copenhague.

TSCHERMAK (Dr G.), professeur à l'Université de Vienne.

197665

Membres perpétuels.

BERTRAND (Émile), ingénieur, 2, rue de la Planche, Paris.

INSTITUT impérial des Mines de Saint-Pétersbourg.

MAUROY (de), ingénieur, à Vassy (Haute-Marne).

SEIDEL Y AYMERICH (José), professeur à la Faculté des Sciences de la Havane (Cuba).

SOCIÉTÉ impériale minéralogique de Saint-Pétersbourg.

Membres ordinaires (1).

m AMARAL (Fr. José de Santa Maria), mostero de S. Bento, à Rio de Janeiro.

AMIOT (H.), ingénieur en chef des Mines, attaché à la Direction des Chemins de fer de P.-L.-M., 4, rue Weber, Paris.

ARMACHEWSKI (P.), professeur à l'Université de Kiew (Russie).

ARZRUNI (Dr), professeur à l'École Polytechnique d'Aix-la-Chapelle.

ATANASESCO (N.), docteur ès sciences, professeur de Chimie à la Faculté de Médecine, Bucharest.

AUGÉ, propriétaire de mines, 6, rue Barralerie, Montpellier.

BARET (Ch.), pharmacien, 23, rue Chateaubriand, Nantes.

m BARROIS (Charles), professeur-adjoint à la Faculté des Sciences, Lille.

BAUER (Dr Max), professeur à l'Université, Marburg (Hesse).

BEAUGEY, ingénieur des mines, 136, boulevard Raspail, Paris.

BEL, ancien élève de l'École polytechnique, ingénieur civil des mines, 110, boulevard Malesherbes, Paris.

BENSAUDE (Alf.), professeur à l'Institut industriel, 66, rue Ferreira Borges, Lisbonne.

BERGERON (Jules), professeur de Géologie et de Minéralogie à l'Ecole centrale, 157, boulevard Haussmann, Paris.

BERTRAND (Marcel), membre de l'Institut, ingénieur en chef des mines, professeur à l'École des Mines, Paris.

BIBLIOTHÈQUE de l'Université de Clermont-Ferrand.

BIBLIOTHÈQUE de l'Université de Grenoble.

BIBLIOTHÈQUE de l'Université de Louvain (Belgique).

BIBLIOTHÈQUE de la K. technische Hochschule de Stuttgart.

BIZARD, 23, rue des Arènes, Angers.

(1) La lettre *m* indique les membres à vie.

BLONDEL (Maurice), licencié ès sciences, 286, b^d Raspail, Paris.

BLOT (l'abbé), missionnaire apostolique, docteur en théologie, docteur ès lettres, 31, rue Dombasle, Paris.

BOMBICCI PORTA (Louis), professeur et directeur du Musée de Minéralogie, à l'Université de Bologne (Italie).

BOUBÉE (Madame E.), 3, boul. et place St-André-des-Arts, Paris.

BOUCHARD (D^r), membre de l'Institut, 174, rue de Rivoli, Paris.

m BOUCHARDAT (Gust.), professeur à l'École de Pharmacie, 108, boulevard Saint-Germain, Paris.

BOURGEAT (l'abbé), docteur ès sciences, professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.

m BOURGEOIS (Léon), répétiteur à l'École polytechnique, assistant au Muséum d'histoire naturelle, 1, boulevard Henri IV, Paris.

BRAUNS (R.), professeur à l'Université de Giessen.

BRÉON (René), ingénieur civil, Semur (Côte-d'Or).

BÜCKING (Dr Hugo), professeur à l'Université de Strasbourg.

m BUREAU (Dr Louis), professeur à l'École de Médecine, directeur du Musée d'histoire naturelle, 15, rue Gresset, Nantes.

CARNOT (Ad.), membre de l'Institut, inspecteur général des mines, professeur à l'École des Mines, Paris.

CAYEUX, préparateur à l'École des Mines, Paris.

CESÀRO (G.), professeur de Minéralogie à l'Université de Liège, Trooz (Belgique).

CHABRIÉ (C.), docteur ès sciences, chef du Laboratoire de chimie de la Clinique des voies urinaires, 11, rue Bara, Paris.

CHESTER (A.), professeur au Rutgers College, New Brunswick, New-Jersey (États-Unis).

CHUDEAU, chargé du cours de Géologie et de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Besançon.

CHURCH (A. H.), F. R. S., professeur de Chimie, Shelsley, Kew Gardens, Surrey (Angleterre).

COHEN (Dr E.), professeur à l'Université, 4, Rossmarkt, Greifswald (Allemagne).

COLANI (A.), 19, rue Vauquelin, Paris.

COLORIANO (P. Ant.), docteur ès sciences, directeur de l'École Normale d'instituteurs, Bucharest (Roumanie).

m CORNU (A.), membre de l'Institut, professeur de Physique à l'École polytechnique, 9, rue de Grenelle, Paris.

COSSA (Alfonso), professeur de Chimie à l'École d'application des ingénieurs (Valentino), Turin.

COSTA-FORO (L.-G.), directeur des Mines de Berca-Vaclète, 3, allée de la Métropole, à Bucharest.

m COSTA-SENA (J. da), ingénieur des mines, Ouro-Preto, Minas Geraës (Brésil).

COUTTOLENC, professeur à l'École professionnelle, 55, rue Libergier, Reims.

CUMENGE, ingénieur en chef honoraire des mines, 33, rue de la Bienfaisance, Paris.

CURIE (Pierre), professeur à l'École de Physique et de Chimie, 13, rue des Sablons, Sceaux (Seine).

DAMOUR (Emilio), chef des travaux de Chimie à l'École des mines, Paris.

DELAGE (A.), professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier.

DEMARTY, Directeur du Comptoir géologique du Plateau central, 23, avenue de Royat, Clermont-Ferrand.

DESHARNOUX, graveur, 69, rue Monge, Paris.

DOELTER (Dr), professeur de Minéralogie à l'Université de Gratz (Autriche).

DUPARC (Louis), professeur de Minéralogie à l'Université de Genève.

DUFET (H.), maître de conférences de Minéralogie à l'École normale supérieure, 35, rue de l'Arbalète, Paris.

DURANDIÈRE (Arthur de la), 62, rue des Saints-Pères, Paris.

DURIER (Ch.), vice-président du Club alpin français, 7, rue de Greffühle, Paris.

ECK (Dr H.), professeur à l'École polytechnique, Neckarstr., 75, Stuttgart (Allemagne).

m EGLESTON (Dr), professeur de Minéralogie à l'École des mines, 35, Washington Square, New-York.

FERRAND.

FLAMAND, chargé de conférences à l'École des Sciences d'Alger, Alger-Mustapha.

FOUQUÉ, membre de l'Institut, professeur d'Histoire naturelle des corps inorganiques au Collège de France, 23, rue Humboldt, Paris.

FRIEDEL (Georges), ingénieur des Mines, École des mines de Saint-Etienne (Loire).

m FROSSARD (le Pasteur Ch.), 14, rue Ballu (anc. rue de Boulogne), Paris.

GAUBERT (Paul), docteur ès sciences, préparateur de Minéralogie au Muséum d'histoire naturelle, 79 *bis*, rue Monge, Paris.

GENTIL (Louis), préparateur au Collège de France, Paris.

GLINKA (Serge), privat-docent, cabinet de Minéralogie, Université impériale de Saint-Pétersbourg.

GOGUEL, docteur ès sciences, maître de conférences de Minéralogie à la Faculté des Sciences, 52, cours d'Alsace-et-Lorraine, Bordeaux.

m GOLDSCHMIDT (Dr V.), professeur de Minéralogie et Cristallographie à l'Université, 9, Gassbergstrasse, Heidelberg.

GONNARD (F.), ingénieur des hospices civils de Lyon, 38, quai de Vaise, Lyon.

GORCEIX (Henri), ex-directeur de l'École des Mines d'Ouro-Preto (Brésil), à Mont-sur-Vienne, par Bujaleuf (Haute-Vienne).

GOSSELET, professeur de Géologie à la Faculté des Sciences, 18, rue d'Antin, Lille.

m GRAMONT (Arnaud de), docteur ès sciences, 81, r. de Lille, Paris.

GRATTAROLA, directeur du Musée et Laboratoire de minéralogie de l'Institut royal des Études supérieures, 2, piazza San Marco, à Florence.

GREGORY (James), 88, Charlotte Street, Fitzroy square, Londres.

GROTH (Dr Paul), professeur à l'Université, Mineralogische Sammlung, Akademie, Munich (Bavière).

GUYOT DE GRANDMAISON (E.), 23, rue Clairat, Bergerac (Dordogne).

HAUTEFEUILLE, membre de l'Institut, professeur de Minéralogie à la Faculté des Sciences, 28, rue du Luxembourg, Paris.

HINTZE (Dr C.), professeur de Minéralogie à l'Université, Neue Mathiastrasse, 8, Breslau.

HUSSAK, Commission géologique de São Paulo (Brésil).

INSTITUT minéralogique de l'Université de Czernowitz (Autriche).

JANNETTAZ (Ed.), maître de conférences à la Faculté des Sciences, assistant au Muséum d'histoire naturelle 86, boulevard Saint-Germain, Paris.

JANNETTAZ (Paul), ingénieur des Arts et Manufactures, répétiteur à l'École centrale, 68, rue Claude-Bernard, Paris.

JOFFRE (J.), chimiste, 60, rue de Bondy, Paris.

JUNGFLEISCH, membre de l'Académie de Médecine, professeur à l'École de Pharmacie et au Conservatoire des Arts-et-Métiers, 74, rue du Cherche-Midi, Paris.

KAMPMANN (Alfred), Epinal.

KISLAKOVSKY, conservateur du Musée minéralogique de l'Université de Moscou.

KLEIN (Dr Carl), professeur à l'Université de Berlin, Geh. Bergrath, Am Carlsbade, 2, Berlin-W.

KRENNER (Dr), professeur de Minéralogie au National Museum, Buda-Pest.

KROUSTSCHOFF (Dr K. de), Musée minéralogique de l'Académie impériale des Sciences, Wassili Ostrow, Saint-Pétersbourg.

KUNZ (Georges F.), chez MM. Tiffany et Ce, Union Square, New-York City.

KUSS (H.), ingénieur en chef des mines, rue Victor-Hugo, 21, Douai (Nord).

m LACROIX (Alfred), professeur de Minéralogie au Muséum d'histoire naturelle, 8, quai Henri IV, Paris.

LAPPARENT (Alb. de), professeur de Géologie et Minéralogie à l'Institut catholique, 3, rue de Tilsitt, Paris.

m LARTET (L.), professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse, 87, rue Saint-Michel, Toulouse.

LAVENIR, docteur ès sciences, préparateur de Minéralogie à l'Ecole normale supérieure, 45, rue d'Ulm, Paris.

LE BLANC, 3, rue Guénégaud, Paris.

LECOQ DE BOISBAUDRAN, correspondant de l'Institut, Cognac; ou 36, rue de Prony, Paris.

LE CHATELIER (H.), ingénieur en chef des mines, professeur à l'École des Mines, 73, rue Notre-Dame-des-Champs, Paris.

LÉON, ingénieur des mines, à Valenciennes (Nord).

LEWIS (W. J.), New Museum, Cambridge (Angleterre).

LIEBISCH (Dr), professeur à l'Université, Göttingen (Prusse).

LIMA (J. do Rego), ingénieur des mines, 14, rue de Covento de Jesus, Lisbonne.

LIMUR (Cte de), hôtel de Limur, Vannes (Morbihan).

LINDSTROEM (G.), adjoint au Riks-Museum, Stockholm.

LIPPMANN, ingénieur, 36, rue de Chabrol, Paris.

m LIVERSIDGE, professeur à l'Université de Sydney, Nouvelle Galles du Sud (Australie).

LOVISATO (Domenico), professeur à l'Université de Cagliari (Sardaigne).

LUEDECKE (Dr Otto), professeur à l'Université, 35, Wilhelm Strasse, Halle s. Saale, Thuringe.

MASKELYNE (N. S. Esqre), membre de la Chambre des Communes, Basset Down House, Swindon, Wilts (Angleterre).

MATTIROLO (Ettore), ingénieur des mines, directeur du Laboratoire chimique de l'Office royal géologique des Mines, Rome.

MEUNIER (Stanislas), professeur de Géologie au Muséum d'histoire naturelle, 7, boulevard Saint-Germain, Paris.

m MICHEL (Léopold), répétiteur à la Faculté des Sciences de Paris, 128, avenue de Neuilly, Neuilly (Seine).

m MICHEL LÉVY (A.), membre de l'Institut, ingénieur en chef des mines, directeur du Service de la carte géologique de France, 26, rue Spontini, Paris.

MIEG (Mathieu), 48, avenue de Modenheim, Mulhouse.

m MIERS (Henry-A.), professeur au Magdalen College, Oxford.

m MIRABAUD (Paul), banquier, 8, rue de Provence, Paris.

MOREL (J.), chef des travaux chimiques à la Faculté des Sciences de Lyon, 33, rue de la Liberté, Lyon.

MOSES (Dr Alf. J.), professeur à l'École des mines de New-York.

MÜGGE (Dr O.), professeur à l'Université, 10, III Jägerhofstrasse, Kœnigsberg (Allemagne).

MUNIER-CHALMAS, professeur de Géologie à la Faculté des Sciences, 75, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.

MUSEUM d'histoire naturelle de Hambourg.

NENTIEN, ingénieur des mines, 15, rue Monselet, à Bordeaux.

NIES (Dr Fr.), professeur à l'Institut agricole de Hohenheim (Wurtemberg).

OEBBEKE (Dr K.), professeur de Minéralogie à la technische Hochschule, Munich (Bavière).

OFFRET (Albert), professeur de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Lyon, 135, avenue de Saxe, Lyon.

OUROCHEWICH (Sawa), professeur à l'École des Hautes-Études de Belgrade (Serbie).

PACHECO DO CANTO E CASTRO (Eug. Vaz), professeur au lycée de Ponta Delgada, île de São-Miguel (Açores).

PISANI, chimiste, 8, rue de Furstenberg, Paris.

PLASENCIA (Dr), 29, Agniar, Havane, Cuba.

PLY, lieutenant-colonel d'artillerie, directeur de l'Atelier de construction de Puteaux (Seine).

PORCHER (l'abbé), professeur au Petit Séminaire, 19, rue Notre-Dame-des-Champs, Paris.

m POTIER, membre de l'Institut, ingénieur en chef des mines, professeur honoraire à l'Ecole Polytechnique, 89, boul. St-Michel, Paris.

m POUYANNE, ingénieur en chef des mines, à Alger.

m RICHARD (Ad.), préparateur à l'École des Mines, 21, rue Linné, Paris.

ROLLAND (G.), ingénieur en chef des mines, 60, rue Pierre-Charron, Paris.

ROUX (Léon), professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Poitiers.

RUTLEY (Frank), professeur de Minéralogie au Royal College of Science, 93, Edith Road, West-Kensington, Londres.

m SAUVAGE (Ed.), ingénieur des mines, 14, rue Eugène Flachat (place Pereire), Paris.

m SAXE-COBOURG-GOTHA (S. A. I. le Prince dom Pedro de).

SCACCHI (E.), professeur à l'Université de Naples.

SCHULTEN (Dr Aug. de), professeur à l'Université de Helsingfors (Finlande).

SEHERR THOSS (le baron M. de), Hohenzollernstrasse, 11, Berlin.

SELIGMANN (G.), 18, Schlossrondel, Coblentz.

SELLE (vicomte de), au château de Fontienne, près Forcalquier (Basses-Alpes).

SELWYN, ancien directeur du service géologique du Canada, Museum and Office, Sussex street, Ottawa.

SKOUPHOS (Dr Théodore), Conservateur du Musée minéralogique et paléontologique, 9, rue Navarinos, Athènes.

SORET (Charles), professeur de physique à l'Université de Genève, 22, rue Saint-Antoine.

STEFANESCO (G.), directeur du Musée d'histoire naturelle, 8, Strada Verde, Bucharest.

STÖBER (Dr), répétiteur de Minéralogie à l'Université, 2, boulevard Léopold, Gand.

STRUEVER, professeur de Minéralogie à l'Université de Rome.

STUER, 40, rue des Mathurins, Paris.

TAUB (Louis), 10, rue Lafayette, Paris.

TENNE (Dr C. A.), privat-docent à l'Université et conservateur au Musée de Berlin, 18, Stegeitzer Strasse, Berlin, W. 35.

TERMIER (Pierre), ingénieur des mines, professeur de Minéralogie à l'École des Mines, 71, rue Claude-Bernard, Paris.

USSING (Dr N. V.), professeur à l'Université de Copenhague.

UZIELLI (Gustave), professeur de Géologie et de Minéralogie à l'École d'application des ingénieurs, 3, via Goito, Turin (Italie).

VELAIN (Charles), chargé de cours de Géographie physique à la Faculté des Sciences, 9, rue Thénard, Paris.

VERNADSKY (Vladimir), privat-docent à l'Université de Moscou.

WALLERANT, maître de conférences à l'École normale supérieure.

WATTEVILLE (Charles de), licencié ès sciences, 96, avenue Victor-Hugo, Paris.

WICHMANN (Dr A.), professeur à l'Université d'Utrecht (Pays-Bas).

WIEDEMANN (Dr E.), professeur à l'Université d'Erlangen.

WINCHELL (N.-H.), géologue de l'État du Minnesota, Minneapolis.

WÜLFING, professeur à l'Université de Tübingen (Wurtemberg).

WOULF (Georges), privat-docent, à l'Université de Varsovie.

WYROUBOFF (Grégoire), 20, rue Lacépède, Paris.

ZEGERS (Louis L.), ingénieur des mines, 57, Chacabuco, Santiago (Chili).

ZUJOVIC (J.-M.), professeur de Géologie à l'École supérieure de Belgrade (Serbie).

Bureau de la Société

(Année 1897)

MM. TERMIER, Président;
LE CHATELIER, G. FRIEDEL, Vice-Présidents;
L. BOURGEOIS, Trésorier;
P. GAUBERT, Secrétaire pour la France;
Ad. RICHARD, Secrétaire pour l'Étranger.
M. BLONDEL, Archiviste.

Membres du Conseil de la Société

(Année 1897)

MM. DUFET (H.),
FOUQUÉ,
HAUTEFEUILLE,
MM. LACROIX (A.),
MICHEL (Léopold),
WYROUBOFF.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE

ANNÉE 1897. — BULLETIN N° 1.

Compte rendu de la séance du 14 janvier 1897.

PRÉSIDENCE DE M. HAUTEFEUILLE.

M. le Président donne la parole à M. le Trésorier pour la lecture de son rapport.

Rapport du Trésorier.

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

Nous avons l'honneur de vous présenter les comptes de l'année 1896, arrêtés au 31 décembre dernier, qui se répartissent ainsi qu'il suit :

COMPTES DE L'EXERCICE 1896

Recettes.

En caisse au 1er janvier 1896. . . . . Fr.	3.249	58
Cotisations arriérées.	440	»
— de l'année.	1.100	20
— anticipées	120	»
Droits de diplôme	20	»
Allocation ministérielle.	600	»
Abonnements et vente de *Bulletins*	1.144	15
Rentes sur l'État français 3 0/0, 3 1/2 0/0. .	286	»
Intérêts du compte de chèques à la Société Générale à 1/2 0/0.	3	85
Intérêts des sommes déposées à la Caisse nationale d'Épargne à 2 1/2 0/0.	53	78
TOTAL. . . . . Fr.	7.017	56

Dépenses.

Bulletin, impression . . . . . Fr.	1.715	80
— gravure	136	»
— rédaction et extraits.	350	»
Administration, allocation au garçon de salle . .	200	»
— gratification au concierge et au facteur de la poste	22	»
— frais de bureau.	183	20
— dépenses exceptionnelles, souscription perpétuelle à la Société des Amis des Sciences.	200	»
Bibliothèque, abonnements	154	75
— assurances contre l'incendie . . .	27	75
Société Générale: droits de garde, timbres, etc.	4	65
Solde en caisse au 1er janvier 1897.	4.023	41
TOTAL. . . . . Fr.	7.017	56

Le fonds de réserve n'a subi aucun accroissement nominal cette année ; les valeurs qui le constituent, évaluées au 1er janvier 1897, se composaient de :

137 francs Rente française 3 0/0 perpétuel, à 102 fr. 30 c.	4.671 70
151 fr. Rente française 3 1/2 0/0, à 105 fr. 75 c.	4.562 35
TOTAL. . . . . Fr.	9.234 05

Ce qui, joint à l'encaisse au 1er janvier 1897, constitue un actif immédiatement réalisable de 13.257 fr. 46 c.

Nous soumettons ensuite à votre approbation, Messieurs, le projet de budget suivant pour le présent exercice : la Société entrant dans sa 20e année, nous proposons, d'accord avec un certain nombre de membres, de commencer, dès à présent, la confection de la seconde table décennale et nous inscrivons, au compte des dépenses, une somme de 300 francs (la première table avait coûté en tout environ 800 francs) représentant un à-compte relatif aux frais qui pourraient être faits en 1897 de ce chef.

PROJET DE BUDGET POUR 1897

Recettes.

Reprise sur l'encaisse précédente. . . . . Fr.	2.200	»
Cotisations	2.000	»
Allocation ministérielle	600	»
Intérêts du fonds de réserve	288	»
Abonnements et vente de bulletins.	1.062	»
TOTAL. . . . . Fr.	6.150	»

Dépenses.

Bulletin, impression	Fr.	3.500	»
— gravure		500	»
— rédaction et extraits		500	»
— impression et rédaction de la deuxième table décennale		300	»
Administration, allocation au garçon de salle . .		200	»
— frais divers		150	»
Bibliothèque, abonnements, reliure, assurances, etc.		300	»
Réserve et imprévu		700	»
TOTAL.	Fr.	6.150	»

Le Trésorier,
L. BOURGEOIS.

MM. Jannettaz et de Watteville ont examiné l'état des finances de la Société et ont entièrement approuvé le rapport de M. le Trésorier.

M. Jannettaz propose d'adresser des remerciements à M. Léon Bourgeois pour le zèle avec lequel il a soutenu les intérêts de la Société. Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

Il est procédé à l'élection du Président, de deux Vice-Présidents, du Secrétaire pour la France et de deux Membres du Conseil.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Présidence : M. Termier, 42 voix ; M. Gorceix, 6 voix.

M. Termier est élu président pour l'année 1897.

Vice-Présidence : M. Le Chatelier, 44 voix ; M. G. Friedel, 44 voix.

M. Gaubert est réélu Secrétaire pour la France.

MM. Fouqué et Hautefeuille sont nommés Membres du Conseil en remplacement de MM. Curie et Michel Lévy.

Le Bureau et le Conseil pour l'année 1897 sont ainsi composés :

M. Termier, président; MM. Le Chatelier et G. Friedel, vice-présidents; M. L. Bourgeois, trésorier; MM. Gaubert et Richard, secrétaires; M. Blondel, archiviste; MM. Dufet, Fouqué, Hautefeuille, A. Lacroix, L. Michel, A. Michel-Lévy, Wyrouboff, membres du Conseil.

M. Hautefeuille, en cédant sa place à M. Termier, remercie de nouveau la Société de l'honneur qu'elle lui avait fait en l'appelant à présider ses séances.

M. Termier adresse tous ses remerciements à la Société de l'honneur qu'elle lui a fait en le nommant à la présidence.

M. Pisani présente à la Société :

1° Des cristaux de muscovite remarquables par leur polychroïsme ;

2° Des petits cristaux de zircon, du comté d'Essex, présentant les faces $b^{1/3}$ très développées alors que les faces b^1 ont presque disparu.

M. Termier a le plaisir d'annoncer à la Société une intéressante découverte faite par MM. Franchi et Stella, ingénieurs au corps des mines d'Italie : celle de l'existence, et même de la fréquence, de la lawsonite dans les fentes et les druses des roches métamorphiques des Alpes piémontaises.

On sait que la lawsonite [1] est un minéral très voisin de la carpholite, ayant la formule :

$$2H^2O, CaO, Al^2O^3, 2SiO^2$$

qui ne diffère de la formule de la carpholite que par la substitution de CaO à MnO. La lawsonite a été découverte en 1894, par M. Le Ransome, dans des roches cristallines de la péninsule de Tiburon, Marin County (Californie), où elle est associée à la margarite, à l'épidote, à l'actinote, au glaucophane et au grenat rouge.

La première mention de l'existence de ce minéral dans les Alpes a été faite en 1895, par M. Franchi, au cours de la description d'une diabase ophitique très altérée des environs d'Elva (Val Maira) [2]. Des cristaux orthorhombiques, que M. Franchi ne pouvait identifier avec ceux d'aucune espèce connue, apparaissaient avec l'albite et le mica blanc dans les produits de transformation des feldspaths de la roche. Dans une note, parue en 1896, M. Franchi signalait la fréquence, dans des gisements analogues, de cristaux tout semblables, et annonçait que le même minéral avait été retrouvé, par M. Stella, en veinules dans une amphibolite sodique de la haute vallée de Chianale [3].

C'est sur les petits cristaux provenant de ces veinules que MM. Franchi et Stella ont pu faire la détermination. Leurs conclusions ont été corroborées par une analyse chimique, due à M. Mattirolo, et il n'y a plus aujourd'hui de doute possible : les cristaux des veinules et ceux qui épigénisent les feldspaths sont des cristaux de lawsonite.

(1) *Bull. Soc. de Minéralogie*, XVIII, p. 437.

(2) Franchi. — *Notizie sopra alcune metamorfosi di enphotidi e diabasi nelle Alpi occidentali*, Bollett. del R. Comit. geolog., 1895, II, p. 90.

(3) Franchi. — *Prasiniti ed Anfiboliti sodiche*, Bollett. della Soc. geol. italiana, 1896, II.

M. Franchi a eu l'amabilité de m'envoyer un échantillon de l'amphibolite sodique du vallon de Chianale, où l'on voit des veinules claires, en grande partie constituées par la lawsonite, et de joindre à cet envoi un petit tube contenant des cristaux séparés. Je tiens ces cristaux, et la roche d'où ils proviennent, à la disposition de ceux de nos collègues qui seraient curieux d'examiner une espèce minérale encore bien peu connue.

Il est probable, comme M. Franchi le dit dans sa lettre d'envoi, que la lawsonite sera prochainement retrouvée en bien d'autres points des Alpes.

Son origine semble identique à celle de l'épidote et de la zoïzite si fréquentes dans les roches vertes des Alpes : c'est le résultat du dédoublement d'un silicate à la fois alcalin et calcique, par exemple d'un feldspath calcico-sodique, l'élément sodique engendrant de l'albite.

Note sur les formes cristallines de quelques composés organiques et inorganiques.

Par L. Duparc et F. Pearce.

A. — Sur les sels de quelques acides complexes inorganiques

N° 1. — *Sel d'ammonium de l'acide arsenotungstique.*

$$3(NH_4)_2\,As_2O_5\,18WO_3 + 14H_2O.$$

Ce sel a été examiné déjà par M. Stuhlmann[1] qui ne l'a point mesuré et s'est borné à mentionner son analogie avec les sels correspondants des acides phosphotungstiques, et avec le sel de potassium du même acide.

(1) Stuchlmann. *Annales de Liebig*, t. 245, p.

Nous avons eu entre les mains quelques cristaux fort imparfaits de ce sel, préparé par MM. Kehrmann et Rutimann. Ils sont verdâtres, perdent rapidement leur eau de cristallisation ; les faces sont souvent courbes, surtout sur les gros spécimens. Ces imperfections subsistent dans toutes les cristallisations successives.

Les cristaux, déposés de la solution aqueuse, présentent toujours deux types.

Dans le premier, la face p (001) est large ; c'est la face d'aplatissement.

g^1 (010) et h^1 (100) existent toujours bien développées. i^1 $(10\bar{1})$ et a^1 (011) existent, mais peuvent être fort réduites. Allongement pg^1.

Dans le deuxième type, plus rare, a^1 (011) est large et devient la face d'aplatissement ; les autres faces existent toujours, mais p (001) et h^1 (100) sont réduites. Allongement ph^1.

Les propriétés optiques sont toujours indéterminables.

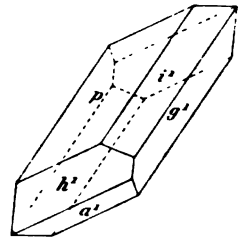


Fig. 1.

Système du prisme bioblique.

$$ZX = 115°10' \qquad XY = 114°3' \qquad ZY = 61°37'$$

$$a : b : c = 0,5895 : 1 : 0,6522.$$

			Angle des normales	
			Observé.	Calculé.
pg^1	= (001):(010)	=	111°26'*	—
ph^1	= (001) (100)	=	73°15'*	—
h^1g^1	= (100) (010)	=	75° 3'*	—
i^1g^1	= (011) (010)	=	73°12'*	—
a^1h^1	= $(10\bar{1})$ (100)	=	50°55'*	—
a^1g^1	= $(10\bar{1})$ (010)	=	58°54'	58°17'
i^1h^1	= (011) (100)	=	61°46'	62°6'
a^1i^1	= $(10\bar{1})$ (011)	=	103°50'	103°26'

Nous avons comparé les mesures de ce sel, avec celles du sel de potassium de l'acide phosphomolybdique correspondant, déterminé précédemment par nous (1), et avec le sel de potassium de l'acide lutéophosphotungstique, déterminé par Stuhlmann. Nous avons rapporté ces trois sels au système d'axes que nous avons choisi, qui est celui qui paraît s'accorder le mieux avec le développement ordinaire des faces de ces cristaux.

Tableau comparatif des sels avec 14 H_2O *de cristallisation.*

	$3K_2O,P_2O_5,18MO_3$	$3K_2O,P_2O_5,18WO_3$	$3(NH_4)^2O,As_2O_5,18WO_3$
ZX =	114°22'	115°42'	115°10'
XY =	115°26'	115°9'	114°3'
ZY =	60°50' (2)	61°26'	61°37'

(1) L. Duparc et F. Pearce. *Bulletin*, t. XVIII, p. 31.

(2) Et non 65°50' comme cela figure par erreur de transcription dans notre première note. Lire aussi dans celle-ci pg^1 = (001) $(0\bar{1}0)$ et i^1h^1 = (011) (100) au lieu de (001) : (010) et $(0\bar{1}\bar{1})$: (100).

Lire aussi au n° 8 b^1p = $(10\bar{1}1)$ (0001) au lieu de mp = $(10\bar{1}0)$ (0001).

		$3K_2O,P_2O_5,18MO_3$	$3K_2O,P_2O_5,18WO_3$	$3(NH_3)^2O,As_2O_5,18WO_3$
a	=	0,5938	0,5592	0,5895
c	=	0,6749	0,6401	0,6522
pg^1	=	112°8′	111°7′	111°26′
ph^1	=	75°5′	73°9′	73°15′
h^1g^1	=	73°18′	74°2′	75°3′
i^1g^1	=	71°50′	72°22′	73°12′
a^1h^1	=	48°57′	49°23′	50°55′
a^1g^1	=	57°41′	58°6′	58°54′
i^1h^1	=	61°43′	60°59′	61°46′
a^1i^1	=	101°2′	101°17′	103°50′

Un coup d'œil jeté sur le tableau précédent montrera que l'on peut conclure à l'isomorphisme de la série :

$$3R_2O,\ R'_2O_5,\ 18R''O_3 + 14H_2O \text{ avec } \begin{cases} R = NH_4, K \text{ etc.} \\ R' = P, As \text{ etc.} \\ R'' = M, W \text{ etc.} \end{cases}$$

Nous avons aussi, dans notre précédent travail, (1) déterminé la forme d'un sel de la formule

$$3K_2O,\ P_2O_5,\ 18WO_3 + 28H_2O$$

obtenu en faisant cristalliser le sel à $14\,H_2O$, correspondant, à basse température. Nous avons essayé de faire cristalliser dans les mêmes conditions le sel de potassium

$$3K_2O,\ As_2O_5,\ 18WO_3 + 14H_2O$$

qui est absolument isomorphe avec les précédents. Nous avons obtenu plusieurs fois des petits cristaux hexagonaux, qui ressemblent parfaitement à ceux que nous avons déterminés antérieurement; mais il a été impossible de les mesurer; ceux-ci éclatent spontanément à la moindre élévation de température. Il est néanmoins probable qu'il y a

(1) L. Duparc et F. Pearce, *loc. cit.*

aussi isomorphisme dans la série avec $28\,H_2O$ de cristallisation.

Nous avons examiné également une intéressante série de sels complexes qui renferment $22WO_3$, et préparés par M. le Dr Kehrmann. Nous nous bornerons pour le moment à mentionner quelques résultats, nous réservant de revenir sur ces corps d'une manière plus détaillée, quand nous aurons réussi à obtenir un meilleur matériel d'études.

N° 2. — *Sel de potassium de l'acide phosphotungstique à* $22WO_3$.

$$7K_2O,\ P_2O_5,\ 22WO_3 + 31H_2O\ (^1)$$

Cristaux assez imparfaits, incolores, translucides. Ils présentent généralement les faces de la protopyramide $b^{1/2}$ (111), rarement une base p (001) qui est alors petite.

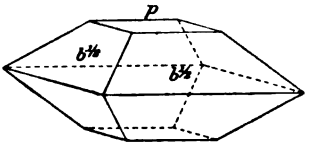


Fig. 2.

Système du prisme droit à base carrée ?

$$c = 0{,}6053$$

		Angle des normales Observé.	Calculé.
$b^{1/2}p$	$= (111)\ (001)$	$= 40°34'$*	—
$b^{1/2}b^{1/2}$	$= (111)\ (1\bar{1}1)$	$= 55°9'$	$54°45'$

Au microscope, sur la face parallèle à $p = (001)$, on observe une faible biréfringence.

(1) Kehrmann et Freinkel. *Berichte*, t. XXV, p. 1968.

L'individu paraît formé de quatre secteurs, qui s'éteignent parallèlement aux côtés du carré de la base. En lumière

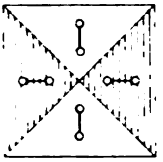


Fig. 3.

convergente, chaque secteur donne une croix qui se disloque en deux branches d'hyperbole très rapprochées. Le plan des axes est perpendiculaire aux côtés du carré, la bissectrice est positive. L'observation est rendue très difficile par le fait que ces cristaux sont saturés d'inclusions d'une substance blanchâtre et opaque.

N° 3. — *Sels de baryum de l'acide arsénotungstique à* $22WO_3$ (1).

$$7BaO, As_2O_5, 22WO_3 + 48H_2O$$

Très petits cristaux blancs, translucides, présentant les faces de la protopyramide $b^{1/2}$ (111), très rarement la base p (001).

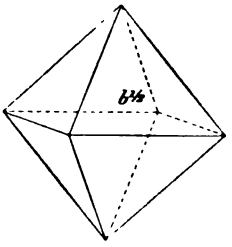


Fig. 4.

(1) Ce sel a été préparé par MM. Kehrmann et Rutimann, qui en publieront incessamment la préparation.

Système du prisme droit à base carrée ?

$c = 1{,}0499.$

		Angle des normales	
		Observé.	Calculé.
$b^{1/2}b^{1/2} = (111)\ (1\bar{1}1)$	=	71°49′*	—
$b^{1/2}b^{1/2} = (111)\ (\bar{1}\bar{1}1)$	=	112°6′	112°5′

Nous n'avons pas pu déterminer les propriétés optiques de ces cristaux, vu leur petitesse et leur opacité. Cependant, nous avons tout lieu de croire qu'ici encore, la symétrie quadratique n'est qu'une pseudosymétrie. En effet, nous avons eu entre les mains quelques cristaux de forme identique, d'un sel dans lequel l'ammonium peut remplacer isomorphiquement le baryum en proportions variables. Ces cristaux présentaient sensiblement les mêmes angles. Examinés sur leur base naturelle et malgré leur mauvais état, on voyait nettement huit secteurs. Les

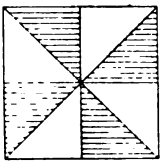


Fig. 5.

cristaux mesurables sont d'ailleurs très difficiles à obtenir; dans la majorité des cas, la solution abandonne de gros octaèdres blancs et opaques, nettement formés de la réunion d'une multitude de petits octaèdres, et simulant une mâcle polysynthétique. Ces gros octaèdres s'obtiennent aussi bien pour le sel de baryum que pour celui de baryum et d'ammonium. La formation de petits cristaux mesurables ne dépend exclusivement que de la concentration.

B. — Formes cristallines de quelques substances organiques

N° 4. — *Tétrachlorure de l'acide tétrachlorophtalique.*

$$C_6Cl_4 \begin{matrix} CCl_2 \\ CCl_2 \end{matrix} > O.$$

Ce corps a été préparé par M. Graebe (1).

Les cristaux transparents et incolores sont assez volumineux. Ils sont obtenus d'une solution du corps dans l'éther. Ils présentent les formes suivantes :

La face p (001) large, toujours bien développée, souvent face d'aplatissement.

h^1 (100) et g^1 (010) constantes; la quartopyramide (111) $f^{1/2}$ ainsi que les quartopyramides $(1\bar{1}1) = c^{1/2}$ et $(1\bar{1}1)$ $d^{1/2}$, puis l'hémidôme i^1 (011). Allongement pg^1.

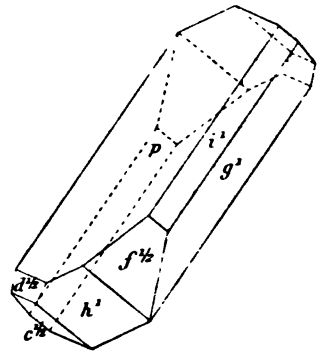


Fig. 6.

Système du prisme bioblique.

$$ZX = 106°36' \quad XY = 96°42' \quad ZY = 67°48'$$

$$a : b : c = 1,3232 : 1 : 1,1813$$

(1) *Graebe Annalen*, p. 238.

			Angle des normales	
			Observé.	Calculé.
ph^1	= (001) (100)	=	74°46'*	—
pg^1	= (001) (010)	=	111°13'*	—
h^1g^1	= (100) (010)	=	89°26'*	—
$pf^{1/2}$	= (001) (111)	=	59°50'*	—
$f^{1/2}g^1$	= (111) (010)	=	59°30'*	—
$f^{1/2}h^1$	= (111) (100)	=	49°57'	49°51'
i^1p	= (011) (001)	=	61°7'	60°58'
$i^1f^{1/2}$	= (011) (111)	=	27°20'	27°5'
$c^{1/2}p$	= $(1\bar{1}\bar{1})$ (001)	=	108°17'	108°10'
$c^{1/2}h^1$	= $(1\bar{1}\bar{1})$ (100)	=	68°49'	69°4'
$c^{1/2}g^1$	= $(1\bar{1}\bar{1})$ $(0\bar{1}0)$	=	52°28'	52°30'
$d^{1/2}p$	= $(1\bar{1}1)$ (001)	=	36°58'	37°14'
$d^{1/2}g^1$	= $(1\bar{1}1)$ $(0\bar{1}0)$	=	41°42'	41°27'
$d^{1/2}h^1$	= $(1\bar{1}1)$ (100)	=	—	60°30'
$d^{1/2}i^1$	= $(1\bar{1}1)$ (011)	=	—	93°18'

Propriétés optiques : La face *p* (001) est, à quelques degrés près, perpendiculaire à la bissectrice aiguë. Le plan des axes est parallèle à l'allongement ; l'angle des axes est très petit ; le signe n'a pu être déterminé.

N° 5. — *Thiochronate de potassium.*

$$C_6HS_5O_{17}K_5 + 4H_2O.$$

Ce corps a été préparé par M. Graebe [1].

Cristaux jaune citron, petits, très friables, quand ils sont cristallisés d'une solution aqueuse.

(1) *Graebe. Liebig's Annalen.* 146, p. 42.

On observe les faces (111) $b^{1/2}$ petites et (110) m longues. Les cristaux sont allongés selon l'axe vertical et aplatis parallèlement à $(1\bar{1}0)$. Ils appartiennent à l'hémiédrie holoaxe ; la solution abandonne en nombre sensiblement égal des cristaux droits et gauches. Le solide droit possède quelquefois de très petites faces du solide gauche ou *vice-versâ*. Les faces $(1\bar{1}\bar{1})$ et $(\bar{1}1\bar{1})$ sont toujours fortement striées.

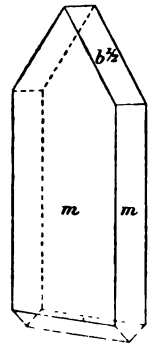


Fig. 7.

Système du prisme rhomboïdal droit.

$$a : b : c = 0{,}6461 : 1 : 0{,}6402.$$

			Angle des normales	
			Observé.	Calculé.
			—	—
$b^{1/2}b^{1/2}$	$= (111)\ (\bar{1}\bar{1}1)$	$=$	99°26′*	—
$b^{1/2}b^{1/2}$	$= (111)\ (\bar{1}1\bar{1})$	$=$	131°5′*	—
mm	$= (110)\ (1\bar{1}0)$	$=$	65°52′	65°44′
$b^{1/2}b^{1/2}$	$= (111)\ (1\bar{1}\bar{1})$	$=$	—	100°18′
$b^{1/2}m$	$= (111)\ (1\bar{1}0)$	$=$	71°44′	71°44

N° 6. — *Orthophénylbenzoate de lithium.*

$$C_6H_4 < \begin{matrix} COOLi\ (1) \\ C_6H_5\ \ (2) \end{matrix} + H_2O$$

Ces cristaux ont été obtenus par réaction de l'acide orthophénylbenzoïque sur le carbonate de lithium. Cristallisés de l'eau, les cristaux sont gros et se détériorent rapidement à l'air. Les faces sont corrodées et mauvaises, vu leur imperfection les angles ont été mesurés un grand nombre de fois sur divers échantillons.

On observe : la base *p* (001), le pinacoïde h^1 (100), le prisme *m* (110).

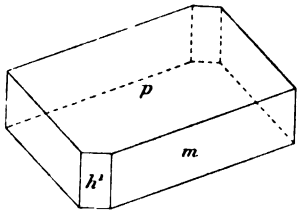


Fig. 8.

Système du prisme rhomboïdal oblique.

$$ZX = 108° 46'$$

$$a : b : c = 1,3026 : 1 : ?$$

		Angle des normales	
		Observé.	Calculé.
ph^1 = (001) (100)	=	71°14'*	—
h^1m = (100) (110)	=	50°58'*	—
pm = (001) (110)	=	78°33'	78°19'

Nous avons précédemment déterminé les sels de sodium et potassium du même acide, le sel de potassium est triclinique et n'a pas d'analogie avec les deux autres.

Les sels de lithium et sodium, en revanche, sont assez semblables comme le montre le tableau qui suit, dans lequel nous rectifions aussi les valeurs des constantes du sel de sodium, données par erreur dans notre travail antérieur (1) et qui ne se rapportent pas au cristal en question.

	Sel de lithium.	Sel de sodium.
ZX =	108°46′	124°49′
$a : b : c =$	1,3026 : 1 : ?	1,6592 : 1 : ?
$pm = (001)(110)$	78°33′	70°15′
$mm = (110)(\bar{1}10)$	78°4′	72°34′

Dans les deux cas, il y a tendance vers une symétrie rhomboédrique.

Genève. Laboratoire de Minéralogie de l'Université.
Janvier 1897.

Études cristallographiques sur la calcite des carrières de Couzon (Rhône).

Par M. Ferdinand Gonnard.

PRÉAMBULE GÉOLOGIQUE

Lorsqu'on arrive à Lyon par la vallée de la Saône, on est frappé à la vue des vastes carrières qui s'étendent parallèlement à la voie ferrée, et à son voisinage presque immédiat, du dépôt de mendicité d'Albigny à la maison de

(1) L. Duparc et F. Pearce, *loc. cit.*

de Saint-Léonard, et qui sont creusées dans les couches puissantes de calcaire, qui, concurremment avec celui du haut Rhône, fournit à Lyon les meilleurs moellons pour la construction.

De bas en haut ces carrières présentent les couches suivantes (1) :

1° Reposant immédiatement, et en stratification concordante avec le lias supérieur, que caractérisent notamment *Hildoceras bifrons*, Brug. ; *Hammatoceras insigne*, Schübl. ; *Grammoceras fallaciosum*, Bayle ; *Ludwigia Aalensis*, Ziet. ; *Ludwigia opalina*, Rein. (2) ; etc., apparaît le *calcaire à fucoïdes* ou calcaire à empreintes de *cancellophycus*, désignés par les carriers sous le nom de *calcaire à coup de balai*, à cause des stries curvilignes qu'il présente, et caractérisé par la présence d'une ammonite *Ludwigia Murchisonæ*, Sow. Cette première assise est la zone la plus inférieure du bajocien ; elle constitue le substratum visible des couches exploitées pour la construction ; c'est la *zone à Ludwigia Murchisonæ*.

2° Au-dessus se montre le calcaire à entroques, connu dans le pays et à Lyon sous le nom de *calcaire jaune* ou *pierre de Couzon*. C'est un calcaire marno-ferrugineux rempli de débris triturés de fossiles, mais où les véritables entroques ou débris de tiges de pentacrinus ne semblent pas très abondants. D'après MM. A. Falsan et A. Locard la puissance de cette assise est d'environ 30 mètres. La partie supérieure renferme en assez grande quantité des bryozoaires (d'où le nom de *calcaire à bryozoaires* donné à cette partie du calcaire à entroques), quelques baguettes d'oursins (*Rhabdocidaris horrida*, de Lor.), etc.

(1) Je dois à mon ami, M. Attale Riche, la plupart des renseignements géologiques qui se rapportent à cette localité, et dont je ne donne ici qu'un résumé très succinct.

(2) MM. A. Falsan et A. Locard indiquent, par erreur, Rœmer, dont l'ouvrage est de 1836, alors que Reinecke est de 1818.

3° Une troisième assise a été récemment découverte par MM. Faucheron, Grange et Rebours. Elle ne se montre que par lambeaux isolés et peu développés, témoignant ainsi de l'action d'une puissante érosion sur cette assise. Au point de vue paléontologique, elle est caractérisée par la présence des ammonites suivantes : *Lioceras concavum*, Sow.; *Ludwigia rudis*, Buckm.; *Ludwigia cornu*, Buckm. On y trouve aussi des gastropodes appartenant aux genres *Cerithium*, *Pseudomelania*, *Turritella*, *Ataphrus*, *Zizyphinus*, *Littorina*, *Amberlega*, etc., et surtout *Pleurotomaria*. Parmi les lamellibranches domine le genre *Trigonia*. La présence des trois ammonites précitées permet d'attribuer avec certitude cette assise à la zone à *Lioceras concavum*, deuxième zone du bajocien inférieur ; il en résulte que le calcaire à entroques appartient au bajocien inférieur.

4° La quatrième assise, désignée par MM. A. Falsan et A. Locard sous le nom de *calcaire à ammonites Blagdeni*, possède un faciès de charriage très prononcé. Elle est caractérisée par la présence des ammonites suivantes : *Oppelia subradiata*, Sow.; *Cœloceras subcoronatum*, Opp.; *Cœloceras Blagdeni*, Sow., etc. Cette assise, qui n'a guère plus de $0^m,40$ de puissance, paraît correspondre seulement à la partie supérieure du bajocien moyen. Il y aurait donc, dans le Mont-d'Or lyonnais, absence de la majeure partie du bajocien moyen.

5° Enfin, une cinquième et dernière assise du bajocien du Mont-d'Or est celle que l'on connaît sous le nom de *Ciret* (*calcaire à ammonites Parkinsoni*). Elle est très riche en fossiles; et, parmi les ammonites, on peut citer : *Parkinsonia Parkinsoni*, Sow.; *Cosmoceras garanti*, d'Orb.; etc., etc. Cette assise représente le bajocien supérieur.

La coupe des carrières de Couzon étant ainsi sommairement connue, nous allons étudier la seule assise qui nous

intéresse au point de vue minéralogique, c'est-à-dire le calcaire à entroques, ou, plutôt, les belles géodes qu'il renferme, et où la calcite et le quartz se trouvent fréquemment associés.

HISTORIQUE ET PRÉLIMINAIRES

La calcite de Couzon, signalée au commencement de ce siècle par le comte de Bournon à Romé de l'Isle, a été étudiée par ce dernier, qui en a décrit quelques combinaisons cristallines. Bournon a figuré dans l'atlas de son traité de la chaux carbonatée (Londres 1808) un bon nombre de ces combinaisons. Mais les déterminations cristallographiques de Bournon ont été l'objet de critiques sévères de la part de Wackernagel et de Zippe. Déjà d'ailleurs Haüy, qui a également étudié et décrit plusieurs combinaisons de formes de cette même calcite, avait reproché à Bournon la complication de quelques-uns de ses symboles (*Traité de Minéralogie*, 2e éd., 1822, t. Ier, p. 335 et suivantes).

Dans sa minéralogie et pétralogie des environs de Lyon, 1849, M. A. Drian fait une récapitulation des combinaisons de formes étudiées par ses prédécesseurs ; il n'y fait qu'une seul addition.

Il m'a donc paru qu'il y avait intérêt à reprendre cette étude, soit pour en contrôler les résultats, soit pour y ajouter. C'est le but de cette notice.

Les auteurs ci-dessus ont signalé sur les cristaux de calcite de Couzon l'existence des onze formes suivantes, dont les notations, dans le système de Lévy, sont :

$$p,\ e^6,\ e^3,\ e^2,\ e^{96},\ e^1,\ e_{1/2},\ a^1,\ b^1,\ d^2 \text{ et } d^1$$

Les combinaisons qu'elles présentent, au nombre de neuf, sont les suivantes :

e^1; pe^1; $e^6e^1a^1$; $e^{5/3}b^1$, trouvées par Bournon et décrites par Romé de l'Isle;

b^1; $e^{25}e^1e_{1.2}$; e^2e^1; pe^1d^1, décrites par Haüy;

Enfin, $e^2e^{25}e^1pb^1d^2$, trouvée par Thiollière, et décrite par A. Drian.

J'ai pu, à ces onze formes, parmi lesquelles il en est quatre, savoir : e^6, e^{25}, a^1 et d^1, que je n'ai pas eu l'occasion d'observer, en ajouter vingt autres.

De ces vingt formes simples, neuf sont déjà connues sur des cristaux de calcite d'autres gisements. Ce sont : e^4, $e^{11/5}$, b^6, b^5, b^4, b^2, $d^{7/5}$, $d^{3/2}$ et γ (D_x). Mais, onze autres sont nouvelles, à ma connaissance du moins, ne se trouvant pas dans les catalogues les plus récents, et entr'autres, dans celui de Francesco Sansoni (1) (*Sulle forme cristalline della calcite di Andreasbery*, Hartz, 1884).

Mon examen a porté sur un grand nombre de cristaux provenant de belles géodes que j'ai pu me procurer grâce à une fourniture de moëllons de Couzon d'une certaine importance pour la construction de bâtiments à l'hospice du Perron, commune de Pierre-Bénite (Rhône).

Ces cristaux sont remarquables par la netteté et le poli de leurs faces principales, ainsi que par leur limpidité. Ils sont parfois associés au quartz cristallisé. J'ajouterai enfin qu'ils sont encore particulièrement intéressants par les phénomènes de corrosion linéaire ou polyédrique que présentent certaines de leurs faces.

(1) Je dois faire remarquer ici que, dans ma note à l'Académie des Sciences, du 10 février 1896, c'est par une erreur de copie que la face $d^{3/2}$ a été mentionnée, et par une autre erreur, celle-ci d'observation, que la face $e^{25/2}$ a été inscrite comme face nouvelle. Ces deux faces doivent donc être supprimées de la liste.

DESCRIPTION DES CRISTAUX

1er cristal (fig. 1).

Ce cristal, ainsi que d'autres extraits de la même géode, est limpide et transparent. Il était implanté, et, par suite, n'offre qu'une de ses moitiés ; il a 7 millimètres de longueur.

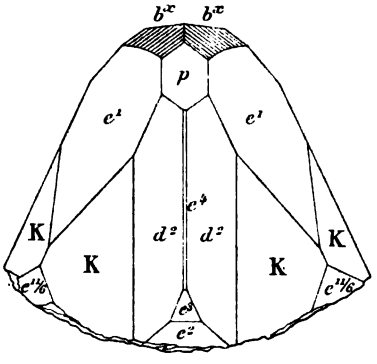


Fig. 1.

La combinaison de formes qu'il présente est la suivante :

Faces déjà connues.			Face nouvelle.
p	(100)	d^2 $(20\bar{1})$	$K = (d^{1/2} d^{1/6} b^{1/5} = (62\bar{5})$
e^4	$(4\bar{1}\bar{1})$		
e^3	$(3\bar{1}\bar{1})$		
e^2	$(11\bar{2})$		
$e^{11/6}$	$(6.6.\overline{11})$		
e^1	$(11\bar{1})$		

Les faces connues p, e^1, d^2, et la face nouvelle $(d^{1/2} d^{1/6} b^{1/5})$ que je désigne par la lettre majuscule K, sont largement développées, nettes et très miroitantes, et les incidences qu'elles ont fournies sont très bonnes ; e^4, très constant sur les cristaux modifiés du type pe^1d^2 de Couzon, mais

toujours très étroit et strié parallèlement à son intersection avec e^3, n'est déterminable que par la considération des zones; e^2 est petit d'ordinaire, mais très constant, et toujours net et brillant: e^2 est toujours plus ou moins ondulé, et son intersection avec e^3 est parfois une ligne courbe (voir fig. 4); $e^{11/6}$, que je n'ai observé que sur les cristaux de cette géode m'a donné d'assez bonnes incidences.

Au sujet de $e^{11/6}$, M. Des Cloizeaux fait remarquer que Hessenberg a indiqué le rhomboèdre $e^{31/17}$ sur un beau cristal de Bleiberg, en Carinthie offrant la combinaison $pe^2b^1e^{7/11}e^{31/17}e_3e_{1/3}$; ce rhomboèdre présentant des faces arrondies, M. Des Cloizeaux regarde le symbole $e^{11/6}$, plus simple que $e^{31/17}$, et néanmoins très voisin de celui-ci, comme préférable (*Manuel de Minéralogie*, t. II, p. 104).

Le rhomboèdre $e^{11/6}$ est d'ailleurs connu dans le quartz, et a été retrouvé par M. Des Cloizeaux sur les cristaux de cette dernière espèce provenant du Brésil, du Dauphiné, du Valais et de Traverselle (*Mémoire sur la cristallisation et la structure intérieure du quartz*, p. 32).

Quant au sommet trièdre que j'ai, dans le tableau ci-dessus, noté b^x, il n'a fourni ici que des images confuses.

Mais, sur un certain nombre de bons cristaux, dont malheureusement je n'ai guère pu détacher des géodes que les sommets, j'ai observé, indépendamment de l'isoscéloèdre b^2 (210) et du rhomboèdre b^1 (110), un assez grand nombre de scalénoèdres sur b directs. La zone pb^xd^x, déjà très riche, s'est encore enrichie de plusieurs faces nouvelles. C'est comme annexe à la description de ce premier cristal que j'indique ces faces observées sur différents cristaux, où elles sont plus ou moins développées et réunies; je n'ai pas d'ailleurs jugé utile d'en faire un dessin spécial.

Voilà, ci-après, les diverses formes déjà connues ou nouvelles que m'a présentées la zone $pb^{\infty}d^{\infty}$:

Faces déjà connues.			Faces nouvelles.
rhomb. b^1	(110)	$d^{7/4}$ $(70\bar{4})$	$b^{9/2}$ (920)
isoscél. b^2	(210)	$d^{3/2}$ $(30\bar{2})$	$b^{10/3}$ (10.3.0)
scalén. b^4	(410)		$b^{17/6}$ (17.6.0)
» b^5	(510)		$b^{13/6}$ (13.6.0)
» b^6	(610)		$b^{7/4}$ (740)
» d^2	$(20\bar{1})$		

2e cristal (fig. 2) (1)

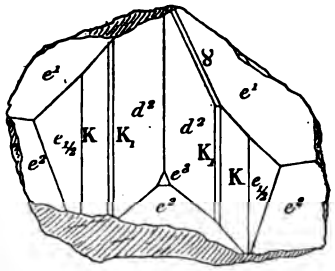


Fig. 2.

Sur des fragments de cristaux, dont la figure 2 représente l'un d'eux, j'ai observé les formes ci-après :

Faces déjà connues.			Faces nouvelles.
e^3	$(31\bar{1})$	d^2 $(20\bar{1})$	$K = (d^{1/2}d^{1/5}b^{1/5} = (62\bar{5})$
e^2	$(11\bar{2})$		
e^1	$(11\bar{1})$		
$e_{1/2}$	$(12\bar{2})$		

Outre ces faces on en remarque encore deux autres plus ou moins nettes : l'une dans la zone $d^2Ke_{1/2}$, dont les cris-

(1) Nota. — Les faces γ et K_1 de cette figure, moins bonnes que celles de la figure suivante, n'ont donné que de mauvais pointés, dont je ne me suis pas servi; aussi ne les ai-je pas fait figurer au tableau ci-contre.

taux suivants offrent un développement plus marqué, et donnent par suite de meilleurs pointés; l'autre dans la zone $e^3 d^2 e^1$, toujours plus ou moins arrondie ou striée parallèlement à l'intersection de d^2 et e^1. Je reviendrai plus plus loin sur ces faces qu'on serait tenté au premier abord de regarder comme des faces de corrosion.

3e cristal (fig. 3).

De même que le premier, ce cristal est limpide et transparent; il ne présente que la moitié supérieure, et a, suivant l'axe principal, une longueur de 14 millimètres.

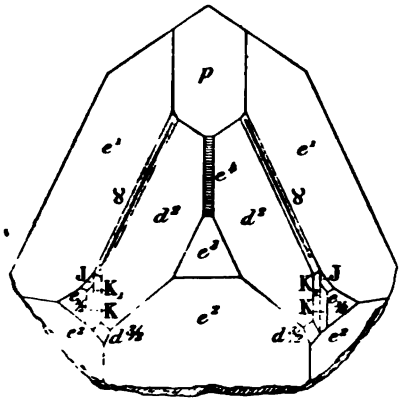


Fig. 3.

On y remarque la combinaison de formes que voici :

Faces déjà connues.				Faces nouvelles.
p	(100)	d^2	$(20\bar{1})$	$K = (d^{1/2} d^{1/6} b^{1/5}) = (62\bar{5})$
e^4	$(4\bar{1}\bar{1})$	$d^{3/2}$	$(30\bar{2})$	$K_1 = (d^1 d^{1/4} b^{1/3}) = (41\bar{3})$
e^3	$(3\bar{1}\bar{1})$			$J = (d^{1/17} d^{1/8} b^{1/15}) = (8.17.\overline{15})$
e^2	$(11\bar{2})$			
e^1	$(11\bar{1})$			
$e_{1/2}$	$(12\bar{2})$			

Les faces p, e^3, e^1 et d^2 sont bien développées et donnent des pointés excellents; e^4 est toujours strié; e^2 à surface ondulée; $d^{3/2}$ est très petit ainsi que le $e_{1/2}$; elles donnent cependant d'assez bonnes incidences.

Quant aux faces nouvelles, que, pour abréger, je désigne par les lettres majuscules K, K_1 et J, elles sont assez petites, bien que nettes, et les images qu'elles fournissent sont pâles, mais néanmoins suffisantes.

Je dois faire une observation sur J; son symbole pourrait être représenté plus exactement par les caractéristiques $40.84.\overline{75}$; mais, eu égard à la faible différence qu'il y a entre les précédentes et celles que j'ai adoptées, savoir $8.17.\overline{15}$, ou ces dernières multipliées par le facteur commun 5, ce qui donne $40.85.\overline{75}$, et, d'autre part, à la petitesse de la face J, et, par suite, à la valeur des pointés qu'elle fournit, j'ai pensé qu'il était préférable de prendre le symbole de mon tableau.

Enfin, une autre face non mentionnée dans ledit tableau, et appartenant à la zone si riche $e^3d^2e^1$, est désignée dans la figure 3 par le signe γ; elle a été déterminée plus nettement sur le cristal n° 4.

Ainsi que je l'ai indiqué pour le deuxième cristal, j'aurai à revenir à ces faces si constantes dans les cristaux de Couzon du type pe^1d^2 modifié, et dont la notation précise est souvent impossible à déterminer à cause de l'étalement des images que ces faces présentent au goniomètre de réflexion.

4e cristal (fig. 4).

Ce quatrième cristal, qui ne présente pas même la moitié supérieure complète, a environ 15 millimètres de longueur. Les faces qu'on y observe sont les suivantes :

Faces déjà connues.		Faces nouvelles.
p (100)	e^1 $(11\bar{1})$	$U = (d^{1/20} d^{1/10} b^{1/26}) = (10.29.\overline{26})$
e^3 $(3\bar{1}\bar{1})$	d^2 $(20\bar{1})$	$V = (d^{1/36} d^{1/20} b^{1/39}) = (20.36.\overline{39})$
e^2 $(11\bar{2})$	$\gamma = (d^{1/2} d^1 b^{1/2}) = (13\bar{2})$	

Comme toujours les faces p, e^3, e^1 et d^2 sont nettes et miroitantes, et e^2 inégale; les mesures prises sur e^2 sont donc simplement suffisantes, alors que celles prises sur les quatre autres faces sont excellentes.

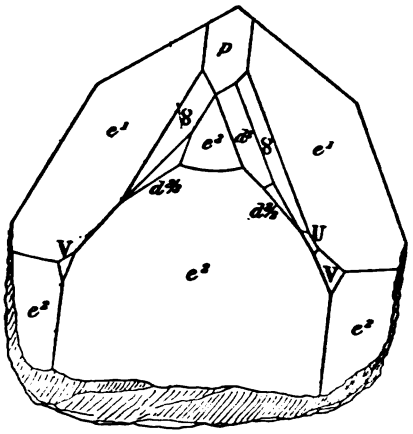


Fig. 4.

Ce cristal présente deux faces nouvelles U et V; je les ai rencontrées fréquemment; mais elles sont d'ordinaire fort petites, et je n'ai eu le plus souvent que des pointés inacceptables. Sur ce cristal, au contraire, ces deux faces, et notamment la face V, sont assez largement développées (plus de 1 millimètre sur 2, environ), et les pointés sont bons. D'autre part, les faces γ (de Des Cloizeaux) sont également bien développées, quoique arrondies, et j'ai pu obtenir des incidences assez satisfaisantes; j'estime, d'après

la moyenne des mesures prises, qu'elles peuvent en effet, pour le présent cristal, être rapportées au scalénoèdre ($d^{1/3}\, d^1\, b^{1/2}$). Il est toutefois possible que, sur d'autres cristaux ce soit plutôt des formes voisines de la même zone, telles que $\varkappa = (d^{1/8}\, d^{1/2}\, b^{1/5})$, ou encore $\pi = (d^{1/7}\, d^{1/3}\, b^{1/5})$; car, j'ai trouvé, pour les valeurs de l'angle de ces faces avec e^1 adjacent, des écarts de 5 à 6°, et, voisines des trois suivantes calculées :

$$\varkappa\, e^1 = 155°8'$$
$$\gamma\, e^1 = 158°53'$$
$$\pi e^1 = 162°50'$$

Il est donc possible que de nouvelles faces viennent plus tard prendre place entre celles déjà signalées dans la zone $d^2 e^1$; mais, les cristaux que j'ai examinés, bien qu'en assez grand nombre, ne me permettent pas d'être affirmatif à cet égard. Je me borne donc à signaler la face déjà connue γ, dont le symbole m'a semblé présenter le plus de certitude.

5e cristal (fig. 5).

Le cinquième cristal de calcite qui fait l'objet de cette étude offre ceci de remarquable que c'est une macle quadruple (*Vierling*), la seule, au reste, que j'aie trouvée dans dans les nombreuses géodes de Couzon que j'ai examinées.

Si, comme la figure 5 l'indique, on place ce cristal, ainsi d'ailleurs que j'ai placé les cristaux précédents, c'est-à-dire, de façon à avoir devant soi la zone pe^2e^2, (ce qui est facile, même sans recourir à des mesures d'angles, en se repérant sur la face p, intersection des zones $b^x\, d^x$ de droite et de gauche, très riches en faces, et sur la face e^2, toujours si nette dans ces cristaux), on voit que ce groupement de quatre individus est constitué par deux macles simples (*Zwilling*), maclées elles-mêmes suivant la base a^1, comme plan d'assemblage, avec un axe d'hémitropie normal à

cette face. La macle supérieure a donc, par rapport à la macle inférieure, tourné de 60° autour de l'axe principal qui leur est commun. Si maintenant on considère l'une des moitiés, la supérieure par exemple, de ce vierling (la figure montre une partie des b^x d'un des cristaux composants, partie en arrière, et dont les stries sont dirigées

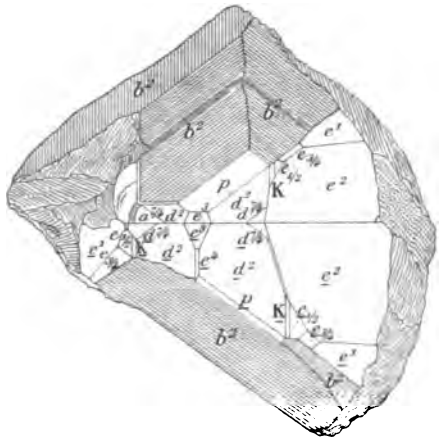


Fig. 5.

suivant l'intersection des b^x du second cristal, qui est en avant), on s'aperçoit que l'un de ces cristaux a également tourné de 60° par rapport à l'autre, autour de l'axe principal commun, et que, par conséquent, chacun des demi-cristaux du zwilling supérieur supposé réuni à chaque autre opposé du zwilling inférieur constitue l'assemblage par croisement de deux cristaux complets. C'est un exemple assez curieux de groupement composé d'une véritable macle par juxtaposition, c'est-à-dire, avec plan d'assemblage et axe d'hémitropie déterminés avec une macle par pénétration mutuelle.

Ce remarquable cristal, dont j'ai cherché à reproduire,

aussi exactement que possible, la partie la plus intéressante, n'est malheureusement pas complet, et les cassures qu'il présente proviennent des points d'attache dans la géode qui le renfermait. Il a environ 15 millimètres d'épaisseur (suivant l'axe principal), et 22 millimètres de largeur.

Il présente la combinaison de formes ci-après :

Faces déjà connues.				Faces nouvelles.
p	(100)	$e_{1/2}$	$(122\bar{2})$	K $= d^{1/3}d^{1/6}b^{1/3}) = (62\bar{5})$
e^4	$(4\bar{1}\bar{1})$	b^2	(210)	$e^{3/4} = d^{1/4}d^{1/3}b^{1/4}) = (34\bar{4})$
e^3	$(3\bar{1}\bar{1})$	d^2	$(20\bar{1})$	
e^2	$(11\bar{2})$	$d^{7/4}$	$(70\bar{4})$	
e^1	$(11\bar{1})$			

Je ne répéterai pas ce que j'ai dit déjà touchant l'état des faces p, e^4, e^3, e^2, e^1, $e_{1/2}$, d^2 et K. Les faces b^2 sont finement striées, et donnent des images un peu vagues. Quant aux faces $d^{7/4}$, que je n'ai guère observées que sur cette macle, elles sont nouvelles pour la calcite de Couzon; mais, déjà, elles ont été signalées par Haüy sur des cristaux de calcite du Hartz, et notées par lui au moyen du chiffre 2 dans la variété cristallographique qu'il désignait sous le nom de d'*Amblytère*.

Ce scalénoèdre a été récemment indiqué par F. Sansoni sur des cristaux d'autres gisements d'Andreasberg (*miniera felicitas* et *miniera gnade Gottes*); mais, cet auteur ne donne ni mesures d'angles à cause du mauvais état des faces (*poco sviluppate, puntigiatte, semi-opache*), ni figures des combinaisons qu'il cite. Haüy avait donné des incidences dans les tableaux placés au commencement de l'atlas de son traité de minéralogie.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer que le scalénoèdre 2 d'Haüy ou $d^{7/4} = (70\bar{4})$ est, en notation Bravais, exprimé

par le symbole $(7.4.\overline{11}.3)$ et que le nouveau scalénoèdre $K = (62\overline{5})$ est, dans le même système de notation, exprimé par le symbole $(4.7.\overline{11}.3)$. Aussi les angles KK sur e^1 et $d^{7/4}d^{7/4}$ sur $e^{7/2}$ sont ils tous deux égaux à 139°56′ d'une part, et les angles KK sur e^4 et $d^{7/4}d^{7/4}$ sur e^{27} tous deux égaux à 106°20′ d'autre part!

Haüy avait donné les valeurs très voisines de 139°53′ et de 106°13′.

Quant à la face nouvelle $e_{3/4}$, elle est manifestement en zone avec les faces $e_{1/2}$ et e^1 d'une part, et avec les faces e^2 et b^2 d'autre part. Aussi, son symbole est-il aisément calculable! Cette face se rencontre sur les divers cristaux constituant la macle quadruple; j'ai donc pu multiplier les mesures qui me permettent de contrôler le résultat du calcul. Je donnerai plus loin les valeurs d'angles pour lesquelles j'ai pris des moyennes; car, les faces $e_{3/4}$ sont assez petites et pas très miroitantes; et, si e^1 est une face toujours brillante et très unie, e^2, au contraire, est presque constamment très inégale. Les incidences sur e^1 et sur e^2 ne donnent donc pas une certitude égale à celle que fournit la considération de l'intersection des deux zones que j'ai indiquées plus haut.

Les tableaux ci-joints indiquent la répartition des faces sur les cinq cristaux dont la description a été donnée ci-dessus, et dont, sauf pour la macle quadruple, j'ai étudié un bon nombre de similaires. Ils montrent qu'en résumé sur ces cristaux des géodes de Couzon j'ai reconnu 16 faces anciennes et 11 faces nouvelles.

Faces anciennes.

1er cristal.	2e cristal.	3e cristal.	4e cristal.	Macle.	Divers.
—	—	—	—	—	—
p	»	p	p	p	»
e^4	»	e^4	»	e^4	»

1er cristal.	2e cristal.	3e cristal.	4e cristal.	Macle.	Divers.
—	—	—	—	—	—
e^3	e^3	e^3	e^3	e^3	»
e^2	e^2	e^2	e^2	e^2	»
$e^{11/6}$	»	»	»	»	»
e^1	e^1	e^1	e^1	e^1	»
»	$e_{1/2}$	$e_{1/2}$	»	$e_{1/2}$	»
b^1	»	»	»	»	»
»	»	»	»	b^2	b^2
»	»	»	»	»	b^4
»	»	»	»	»	b^5
»	»	»	»	»	b^6
d^2	d^2	d^2	d^2	d^2	»
»	»	»	»	$d^{7/4}$	»
»	»	$d^{3/2}$	»	»	»
»	☿	☿	☿	»	»

Faces nouvelles.

»	»	»	»	»	$b^{9/2}$
»	»	»	»	»	$b^{10/3}$
»	»	»	»	»	$b^{17/6}$
»	»	»	»	»	$b^{12/6}$
»	»	»	»	»	$b^{7/4}$
»	»	»	»	$e^{3/4}$	»
K	K	K	»	K	»
»	»	K_1	»	»	»
»	»	J	»	»	»
»	»	»	U	»	»
»	»	»	V	»	»

Nota. — Voir à la page suivante la perspective stéréographique des faces de la calcite de Couzon.

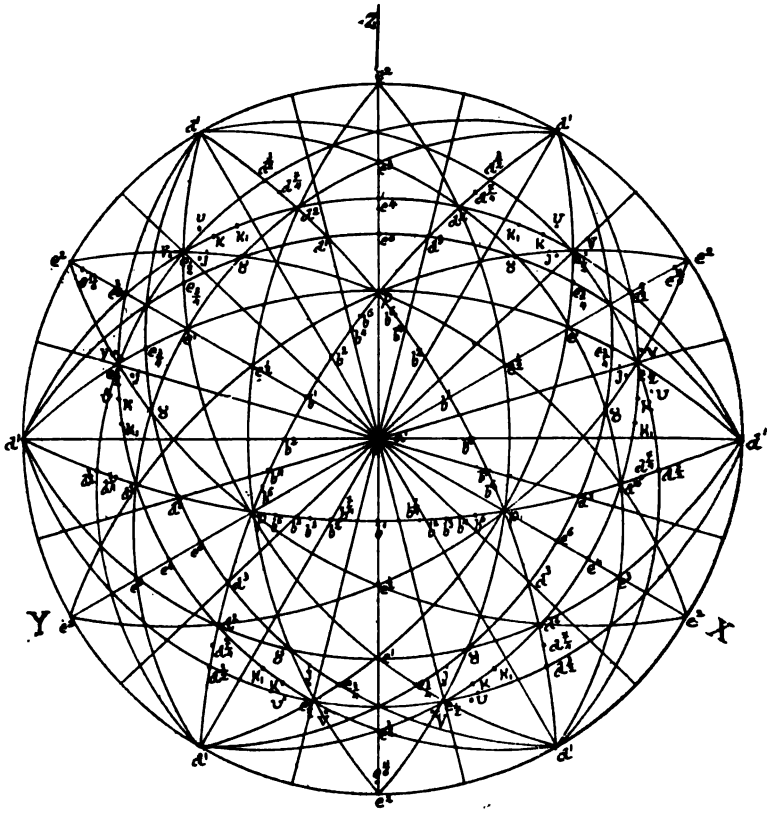


Fig. 6.

MESURES ET CALCULS CRISTALLOGRAPHIQUES

Les résultats précédents sont justifiés par les tableaux d'ensemble des angles calculés et mesurés donnés ci-après.

Parmi les zones étudiées, les trois seules qui m'aient fourni des faces nouvelles sont les suivantes :

1° La zone $d^2e_{1/2}$ (K, K_1);

2° La zone $e_{1/2}e^1$ ($e_{3/4}$);

3° La zone pd^2 ($b^{9/2}$, $b^{10/3}$, $b^{17/6}$, $b^{13/6}$, $b^{7/4}$).

En dehors de ces trois zones il y a eu à déterminer les symboles des faces nouvelles isolées J, U et V.

J'ai, pour mes calculs, noté les angles à partir de faces déjà connues ou m'ayant donné d'excellents pointés; ces faces sont, ainsi que je l'ai fait remarquer dans le cours de la description des cristaux qui font l'objet du présent travail, les faces suivantes :

$$d^2,\ e^4,\ e_{1/2},\ e^1,\ p,\ b^6,\ b^5.$$

J'ai pu, pour les deux zones $d^2e_{1/2}$, et pd^2, employer la formule des faces tautozonales.

Zone $d^2e_{1/2}$.

Les données, qui m'ont servi dans l'application de la formule des faces tautozonales, sont les suivantes :

	Angles des normales.	
$P = \underline{d}^2 = (20\bar{1})$		
$P' = e^4 = (4\bar{1}\bar{1})$	$PP' = \underline{d}^2e^4 = 17°48'$	calculés.
$P'' = d^2 = (2\bar{1}0)$	$PP'' = \underline{d}^2d^2 = 35°36'$	
$P''' = K_1$	$PP''' = \underline{d}^2K_1 = 50°30'$	mesurés.
$P^{IV} = K$	$PP^{IV} = \underline{d}^2K = 54°38'$	

		Angles calculés.	Angles mesurés.
$\underline{e}_{1/2}e_{1/2}$	sur e^4	92°9′	91°49′
$\underline{K}K$	sur e^4	106°20′	106°20′
$\underline{d}^2d^2$	sur e^4	144°24′	144°20′
$\underline{d}^2K_1$	sur e^4	—	129°30′
$\underline{d}^2K$	sur e^4	—	125°22′
d^2K_1		165°6′	164°49′
d^2K		160°58′	160°55′
$d^2e_{1/2}$		153°53′	153°56′
K_1K		175°52′	176°6′
$K_1e_{1/2}$		168°47′	168°59′
$Ke_{1/2}$		172°55′	172°53′

Nota. — Dans ma note à l'Académie des Sciences du 10 février 1896, j'avais donné comme base du calcul de la face K la valeur d'angle mesurée ci-après :

$$\underline{d}^2K \text{ sur } e^4 = 125°10'$$

ce qui m'avait conduit au symbole compliqué :

$$(d^{1/287}, d^{1/851}, b^{1/713}) = (851.287.\overline{713})$$

ou

$$(5,93.2.\overline{4,97})$$

auquel j'ai substitué les nombres voisins plus simples :

$$(6.2.\overline{5}).$$

La nouvelle valeur mesurée que je donne dans le tableau ci-dessus pour l'angle $\underline{d}^2K$, soit 125°22′, obtenue sur des cristaux meilleurs que les premiers que j'ai eus à ma disposition, conduit exactement au symbole $(6.2.\overline{5})$ que j'avais adopté tout d'abord.

Par suite, les valeurs d'angles de la face nouvelle K avec les faces voisines ont dû être corrigées comme suit :

	VALEURS CALCULÉES	
	Anciennes.	Nouvelles.
$\underline{K}K$ sur e^4	105°56′	106°20′
$Ke_{1/2}$	173°7′	172°55′
Kd^2 adjacent	160°46′	160°58′

En dehors de la zone $d^2e_{1/2}$ je donne les valeurs d'angles ci-après :

$\underline{K}K$ sur e^1	calculées	140°17′	mesurées	139°56′
$Ke^{11/6}$	—	155°13′	—	155°21′.

Zone $e_{1/2}e^1$.

La face nouvelle $e_{3/4}$ est, comme je l'ai dit précédemment, en zone avec $e_{1/2}$ et e^1 d'une part, et e^2 et b^2 d'autre part; par suite, le symbole en est aisément calculable; elle existe sur trois des quatre cristaux de la macle quadruple que j'ai décrite.

Les angles que j'ai pu mesurer sont les suivants :

	Calculés.	Mesurés.
$e^1e_{3/4}$	172°14′	172°26′
$e^1e_{1/2}$	162°56′	163°1′ moyenne
$e_{3/4}e_{1/2}$	170°41′	171° environ.

En dehors de la zone $e_{1/2}e^1$, je donne les valeurs d'angles suivantes que j'ai pu obtenir sur deux des meilleurs composants de la macle quadruple qui m'a fourni la face $e_{3/4}$.

	Calculés.	Mesurés.
pb^2	156°52′	156°46′
pd^2	150°58′	150°54′
$pd^{7/4}$	147°3′	147°2′
pe^3	148°50′	148°54′

	Angles de la macle.	
pp'	89°13′	89°16′
$e^2e'^2$	151°33′	151°28′
$e^1e'^1$	126°14′	126°24′

Zone pd^2.

Les cristaux du type e^1d^2 de Couzon portent fréquemment à leur sommet (ils sont presque toujours implantés) un pointement formé du rhomboèdre b^1 et de scalénoèdres directs b^x. Il y a passage, pour ainsi dire insensible, d'une forme à une autre; et le pointement est, en somme, généralement constitué par trois surfaces courbes, dont les génératrices sont les intersections successives de p et des divers b^x, depuis b^6 jusqu'à b^1, y compris les formes intermédiaires qu'on peut imaginer. L'intersection de chacune des trois faces du pointement avec chacune des trois faces e^1 correspondantes est donc une ligne courbe.

Avec cette disposition qui se retrouve sur beaucoup de cristaux, il serait presque impossible de noter des faces qui se réduisent presque à des lignes, et donnent par suite des images excessivement confuses et vagues, si, sur quelques-uns d'entre eux, la transition d'une forme b^x à sa voisine ne se faisait parfois d'une manière moins continue.

Les faces scalénoédriques acquérant alors une certaine étendue, les pointés deviennent possibles et même très bons. Si donc, ainsi que je l'ai fait pendant plusieurs mois, on mesure un grand nombre de cristaux, on arrive à pouvoir reconnaître tantôt l'un, tantôt l'autre, des membres de la série des scalénoèdres b^x, série si riche qu'on pourrait presque en admettre la parfaite continuité.

Ayant donc mesuré les angles de la face p avec diverses

faces de la série en question, j'ai, outre les incidences déjà connues, observé les suivantes :

$$pb^{\infty} = 168°39'$$
$$pb^{\infty'} = 164°52'$$
$$pb^{\infty''} = 162°48'$$
$$pb^{\infty'''} = 158°16' \text{ moyenne}$$
$$pb^{\infty IV} = 154°5'$$

Si l'on consulte le tableau des incidences donné par M. Des Cloizeaux (*Manuel de minéralogie*, tome II, p. 98), on voit immédiatement la place que les cinq faces b^{∞}, $b^{\infty'}$, $b^{\infty''}$, $b^{\infty'''}$, $b^{\infty IV}$ occupent dans la série.

Les données qui m'ont servi dans l'application de la formule des faces tautozonales sont les suivantes :

		Angles des normales.		
$P = p = (100)$				
$P' = b^{6} = (610)$	$PP' = pb^{6} = 8°46'$		calculés.
$P'' = b^{5} = (510)$	$PP'' = pb^{5} = 10°24'$		
$P''' = b^{\infty}$	$PP''' = pb^{\infty} = 11°21'$		mesurés.
$P^{IV} = b^{\infty'}$	$PP^{IV} = pb^{\infty'} = 15°8'$		
$P^{V} = b^{\infty''}$	$PP^{V} = pb^{\infty''} = 17°12'$		
$P^{VI} = b^{\infty'''}$	$PP^{VI} = pb^{\infty'''} = 21°44'$		
$P^{VII} = b^{\infty IV}$	$PP^{VII} = pb^{\infty IV} = 25°55'$		

J'ai trouvé :

$$b^{\infty} = (9.1,98.0) \quad \text{ou } (920) = b^{9/2}$$
$$b^{\infty'} = (9,93.3.0) \quad \text{ou } (10.3.0) = b^{10/3}$$
$$b^{\infty''} = (17,16.7.0) \quad \text{ou } (17.7.0) = b^{17/6}$$
$$b^{\infty'''} = (12,96.6.0) \quad \text{ou } (13.6.0) = b^{13/6}$$
$$b^{\infty IV} = \quad (7.4.0) = b^{7/4}$$

Il en résulte le tableau suivant, qui comprend aussi les valeurs de pd^x que j'ai observées.

	Angles calculés.	Angles mesurés.
$pb^{9/2}$	168°32′	168°39′
$pb^{10/3}$	164°57′	164°52′
$pb^{17/6}$	162°41′	162°48′
$pb^{13/6}$	158°17′	158°16′ moyenne
$pb^{7/4}$	154°21′	154°5′
pd^2	150°58′	151°6′
$pd^{7/4}$	147°3′	147°2′
$pd^{3/2}$	142°5′	142°5′

Calcul de la face J (Fig. 7).

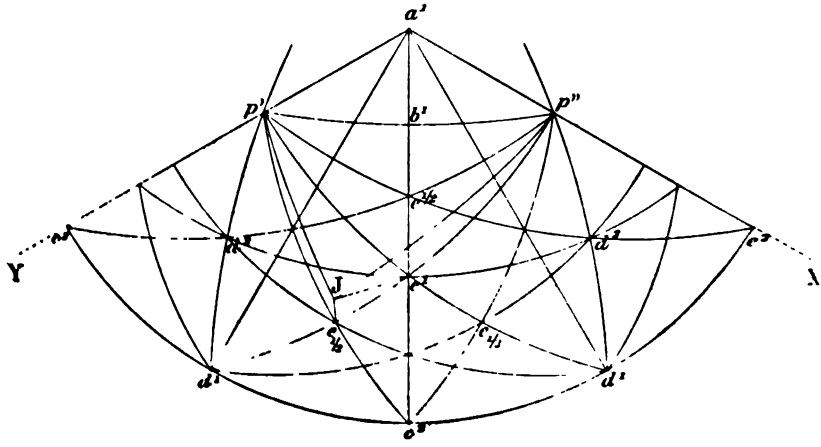


Fig. 7.

La face J du 3e cristal précédemment décrit, est repérée relativement aux deux faces e^1 et $e_{1/2}$, par les valeurs d'angles réels mesurés qui suivent :

$$Je^1 = 163°49' \text{ et } Je_{1/2} = 176°3'.$$

D'autre part, on a :

$$e^1 e_{1/2} = 162°55'30'' \text{ (calculé).}$$

Ceci posé, si l'on désigne par x, y, z les trois pôles des trois faces du rhomboèdre primitif, et par P le pôle de la face $J = (qrs)$, et si l'on donne Px et Py, on calculera aisément le triangle Pxy.

Connaissant les angles Pxy et Pyz, et appelant α l'angle plan du sommet du rhomboèdre, on aura :

$$Pxz = \alpha + Pxy = \alpha + p'p''J \text{ (1)}$$

et

$$Pyz = \alpha + Pyx = \alpha + Jp'p''$$

Px étant situé en dehors de l'angle zxy.

Et les caractéristiques de la face J seront fournies par les deux équations connues :

$$\frac{\text{Sin } Pxy}{\text{Sin } Pxz} = -\frac{s}{r} \text{ et } \frac{\text{Sin } Pyx}{\text{Sin } Pyz} = -\frac{s}{q}.$$

Or, l'angle plan du sommet du rhomboèdre de la calcite étant (Voir M. Des Cloizeaux) $\alpha = 101°55'$, l'on a, en prenant les angles des normales :

$$Je^1 = 16°11' \quad Je_{1/2} = 3°37' \quad e^1 e_{1/2} = 17°4'30''$$

et enfin :

$$\alpha = 78°5'.$$

Il faut donc calculer les angles Pxy et Pyx.

Dans ce but, j'ai résolu successivement les six triangles suivants :

$$Je^1 e_{1/2},\ d^2 e^1 e_{1/2},\ p'd^2 e^1,\ p'p''e^1,\ p'e^1 J \text{ et } p'p''J.$$

(1) p' est le pôle de la face située en regard de l'axe des Y et p'' celui de la face située en regard de l'axe des X, et l'observateur est placé sur la bissectrice de l'angle Ya^1X.

Ces opérations ont donné les résultats inscrits aux tableaux ci-après :

Triangles.	Valeurs données.		Valeurs calculées.	
$Je^1e_{1/2}$	Je^1	$= 16°11'$	$Je_{1/2}e^1$	$= 70°42'$
	$Je_{1/2}$	$= 3°57'$	$Je^1e_{1/2}$	$= 13°29'$
	$e^1e_{1/2}$	$= 17°4'$	$e^1Je_{1/2}$	$= 96°22'$
$d^2e^1e_{1/2}$	d^2e^1	$= 37°41'$	$d^2e_{1/2}e^1$	$= 121°8'$
	$d^2e_{1/2}$	$= 26°8'$	$e^1d^2e_{1/2}$	$= 24°16'$
	$e^1e_{1/2}$	$= 17°4'$	$d^2e^1e_{1/2}$	$= 38°5'$

d'où $d^2e^1J = 24°36'$.

$p'd^2e^1$	$p'e^1$	$= 50°35'$	$d^2p'e^1$	$= 50°57'$
	$p'd^2$	$= 29°2'$	d^2e^1p'	$= 38°4'$
	d^2e^1	$= 37°41'$	$p'd^2e^1$	$= 101°5'$

d'où $p'e^1J = 62°40'$.

$p'p''e^1$	$p'e^1$	$= 50°35'$	$e_1p'p''$	$= 50°58'$
	$p'p''$	$= 74°55'$	$p'e^1p''$	$= 103°52'$
$p'e^1J$	$p'e^1$	$= 50°35'$	$p'J$	$= 44°52'$
	e^1J	$= 16°11'$	$p'Je^1$	$= 103°25'$
	$p'e^1J$	$= 62°40'$	$Jp'e^1$	$= 20°33'$

d'où $Jp'p'' = 71°31'$.

$p'p''J$	$p'J$	$= 44°52'$	$p'Jp''$	$= 92°5'$
	$p'p''$	$= 74°55'$	$p'p''J$	$= 46°54'$
	$Jp'p''$	$= 71°31'$	$p''J$	$= 66°24'$

Des valeurs calculées :

$$Pxy = 46°54'$$

et :

$$Pyx = 71°31'$$

il résulte :

$$Pxz = 78°5' + 46°54' = 124°59'$$

et :

$$Pyz = 78°5' + 71°31' = 149°36'$$

d'où :

$$\frac{\text{Sin } Pxy}{\text{Sin } Pxz} = -\frac{s}{r} = 0{,}8912$$

et :

$$\frac{\text{Sin } Pxy}{\text{Sin } Pyz} = -\frac{s}{q} = 1{,}8742$$

et, en faisant $q = 1$,

$$q : r : s :: 1 \,.\, 2{,}103 \,.\, \overline{1{,}874}$$

ou, enfin,

$$(qrs) = (40.84.\overline{75}).$$

J'ai néanmoins adopté, pour plus de simplicité, et avec une concordance très suffisante avec les résultats de l'observation, et eu égard à la petitesse de la face J, le symbole :

$$(qrs) = (40.85.\overline{75})$$

et, en divisant par le facteur commun 5 les caractéristiques :

$$(qrs) = (8.17.\overline{15}) = \text{J}.$$

Le tableau suivant montre, dans les deux cas, les différences des valeurs des angles calculés et mesurés.

Angles.	Calculés.	Mesurés.
$J = (40.84.\overline{75})$ et $e_{1/2}$	176°8'	176°3'
$J = (40.85.\overline{75})$ et $e_{1/2}$	175°46'	
$J = (40.84.\overline{75})$ et e^1	163°49'	163°49'
$J = (40.85.\overline{75})$ et e^1	163°44'	

CALCUL DES FACES V ET U DU QUATRIÈME CRISTAL DÉCRIT PRÉCÉDEMMENT

1° Face V (Fig. 8).

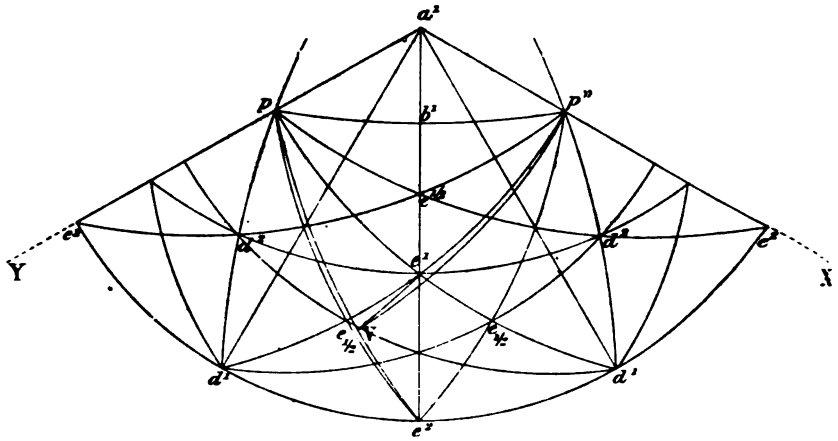


Fig. 8.

Les mesures qui ont servi de base au calcul des caractéristiques de la face V sont les suivantes :

$$Ve^1 = 163°15'$$

et :

$$Ve^2 = 161°24'$$

On a, d'autre part :

$$e^1e^2 = 153°7' \text{ (calculé).}$$

Nous servant des mêmes notations que pour la face J nous avons à résoudre les deux équations :

$$Pxz = \alpha + Pxy = \alpha + p'p''V$$

et :

$$Pyz = \alpha + Pyx = \alpha + Vp'p''$$

V étant, de même que J, situé en dehors de l'angle zxy.

Les caractéristiques de la face V seront donc données par les équations :

$$\frac{\text{Sin } Pxy}{\text{Sin } Pxz} = -\frac{s}{r} \text{ et } \frac{\text{Sin } Pyx}{\text{Sin } Pyz} = -\frac{s}{q}$$

Les angles nécessaires des normales étant :

$$Ve^1 = 16°45' \qquad Ve^2 = 18°36' \qquad \text{et } e^1e^2 = 26°53',$$

pour calculer les angles Pxy et Pyx, j'ai résolu les triangles Ve^1e^2, Ve^1p'' et Ve^1p', opérations qui ont fourni les résultats ci-après :

Triangles.	Valeurs données.		Valeurs calculées.		
Ve^1e^2	Ve^1	$= 16°45'$	Ve^2e^1	$= 38°55'$	(1)
	Ve^2	$= 18°36'$	Ve^1e^2	$= 44°2'$	
	e^1e^2	$= 26°53'$	e^1Ve^2	$= 99°47'$	
Ve^1p''	Ve^1	$= 16°45'$	$p''Ve^1$	$= 6°37'$	
	$p''e^1$	$= 50°35'$	$e^1p''V$	$= 2°28'$	
	Ve^1p''	$= 172°6'$	$p''V$	$= 67°14'$	
Ve^1p'	Ve^1	$= 16°45'$	$p'Ve^1$	$= 82°9'$	
	$p'e^1$	$= 50°35'$	$Vp'e^1$	$= 21°41'$	
	$p'e^1V$	$= 84°2'$	$p'V$	$= 50°52'$	

Il résulte de ce qui précède :

$$Pxy = 50°58' + 2°28' = 53°26'$$

et :

$$Pyx = 50°58' + 21°41' = 72°39'$$

(1) L'angle $e_{1/2}e^2e^1 = 40°30'$ (Voir la perspective stéréographique).

par suite :

$$Pxz = 78°5' + 53°26' = 131°31'$$

et :

$$Pyz = 78°5' + 72°39' = 150°44'$$

d'où :

$$\frac{\text{Sin } Pxy}{\text{Sin } Pxz} = \frac{\text{Sin } 53°26'}{\text{Cos } 41°31'} = -\frac{s}{r} = 1{,}0726$$

et :

$$\frac{\text{Sin } Pyx}{\text{Sin } Pyz} = \frac{\text{Sin } 72°39'}{\text{Cos } 60°44'} = -\frac{s}{q} = 1{,}9524$$

et enfin :

$$q : r : s :: 1 : 1{,}82 : \overline{1{,}95}$$

ou :

$$(qrs) = (20.36.\overline{39}) = V.$$

Face U (Fig. 9).

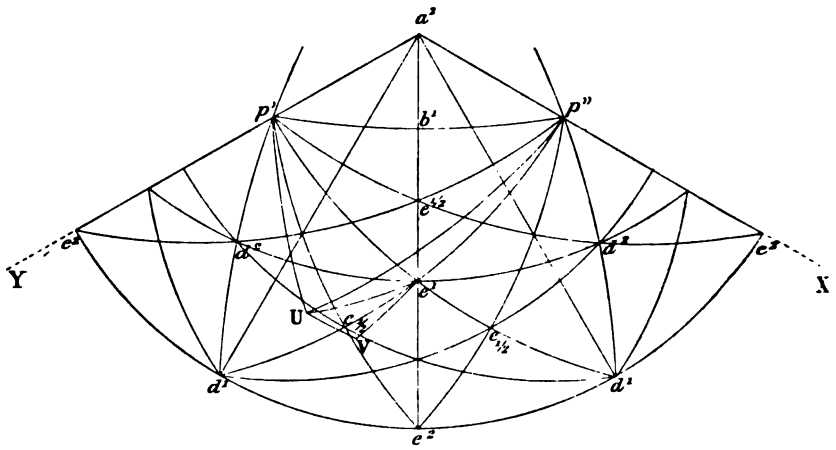


Fig. 9.

J'ai observé pour U les incidences suivantes :

$$\begin{cases} Ue^1 = 158°20' \\ UV = 172° \end{cases}$$

et :

$$Ve^1 = 163°15' \text{ déjà connu.}$$

Employant les mêmes formules que pour les deux faces V et J, et prenant les angles des normales de Ue^1, UV et Ve^1, j'ai eu, pour calculer les angles Pxy et Pyx, à résoudre les triangles Ue^1V, $p'e^1U$ et Ue^1p'', et les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Triangles.	Valeurs données.		Valeurs calculées.		
Ue^1V	Ue^1	21°40′	UVe^1	=	118°7′
	UV	8°	Ue^1V	=	19°25′
	Ve^1	16°45′	VUe^1	=	43°30′
$p'e^1U$	$p'e^1$	50°35′	$p'Ue^1$	=	95°15′
	e^1U	21°40′	$Up'e^1$	=	28°25′
	$p'e^1U$	65°23′	$p'U$	=	44°52′
Ue^1p''	$p''e^1$	50°35′	$p''Ue^1$	=	8°43′
	e^1U	21°40′	$Up''e^1$	=	4°9′
	Ue^1p''	169°15′	$p''U$	=	71°57

De ces résultats on tire :

$$Pxy = 50°58' - 4°9' = 46°49'$$

et :

$$Pyx = 50°58' + 28°25' = 79°23'$$

par suite :

$$Pxz = 78°5' + 46°49' = 124°54'$$

et :

$$Pyz = 78°5' + 79°23' = 157°28'$$

d'où :

$$\frac{\text{Sin } Pxy}{\text{Sin } Pxz} = \frac{\text{Sin } 46°49'}{\text{Cos } 34°54'} = -\frac{s}{r} = 0{,}88908$$

et :

$$\frac{\text{Sin } Pyx}{\text{Sin } Pyz} = \frac{\text{Sin } 79°23'}{\text{Cos } 67°28'} = -\frac{s}{q} = 2,5648$$

et enfin :

$$q : r : s :: 1 . 2,88 . \overline{2,56}$$

ou :

$$(qrs) = (10.29.\overline{26}) = \text{U}.$$

Les symboles adoptés ci-dessus pour les trois faces nouvelles J, V et U conduisent au tableau comparatif suivant des incidences calculées et mesurées.

	Angles calculés.	Angles mesurés.
Je^1	163°44′	163°49′
$Je'_{1/2}$	175°46′	176°3′
Ue^1	158°11′	158°20′
UV	171°48′	172°
Ve^1	163°10′	163°15′
Ve^2	161°44°	161°24′

Eu égard à la petitesse des faces et à leur éclat assez médiocre, l'accord entre l'observation et le résultat du calcul peut être regardé comme assez satisfaisant.

Le tableau ci-dessous résume l'état actuel de nos connaissances sur les formes de la calcite de Couzon.

Tableau de concordance des notations symboliqnes de Lévy, Miller et Bravais.

Lévy.	Miller.	Bravais.
a^1	(111)	(0001)
p	(100)	$(10\bar{1}1)$
e^2	$(11\bar{2})$	$(10\bar{1}0)$

Lévy.	Miller.	Bravais.
d^1	$(10\bar{1})$	$(11\bar{2}0)$
b^1	(110)	$(01\bar{1}2)$
e^6	$(6\bar{1}\bar{1})$	$(70\bar{7}4)$
e^4 (n) (1)	$(4\bar{1}\bar{1})$	$(50\bar{5}2)$
e^3	$(3\bar{1}\bar{1})$	$(40\bar{4}1)$
$e^{11/6}$ (n)	$(6.6.\overline{11})$	$(0.17.\overline{17}.1)$
$e^{9/6}$	$(5\bar{5}\bar{9})$	$(0.14.\overline{14}.1)$
e^1	$(11\bar{1})$	$(02\bar{2}1)$
$b^{7/4}$ (N) (1)	(740)	$(3.4.\bar{7}.11)$
b^2 (n)	(210)	$(11\bar{2}3)$
$b^{13/6}$ (N)	$(13.6.0)$	$(7.6.\overline{13}.19)$
$b^{17/6}$ (N)	$(17.7.0)$	$(11.6.\overline{17}.23)$
$b^{10/3}$ (N)	$(10.3.0)$	$(7.3.\overline{10}.13)$
b^4 (n)	(410)	$(31\bar{4}5)$
$b^{9/2}$ (N)	(920)	$(7.2.\bar{9}.11)$
b^5 (n)	(510)	$(41\bar{5}6)$
b^6 (n)	(610)	$(51\bar{6}7)$
$d^{3/2}$ (n)	$(30\bar{2})$	$(32\bar{5}1)$
$d^{7/4}$ (n)	$(70\bar{4})$	$(7.4.\overline{11}.3)$
d^2	$(20\bar{1})$	$(21\bar{3}1)$
$e_{1/2}$	$(12\bar{2})$	$(\bar{1}4\bar{3}1)$
$e_{3/4}$ (N)	$(34\bar{4})$	$(\bar{1}8\bar{7}3)$
γ (n) $(d^{1/3}d^1b^{1/2})$	$(13\bar{2})$	$(\bar{2}5\bar{3}2)$
K_1 (N) $(d^1d^{1/4}b^{1/3})$	$(41\bar{3})$	$(34\bar{7}2)$
K (N) $(d^{1/2}d^{1/5}b^{1/5})$	$(62\bar{5})$	$(4.7.\overline{11}.3)$
J (N) $(d^{1/17}d^{1/8}b^{1/15})$	$(8.17.\overline{15})$	$(\bar{9}.32.\overline{23}.10)$
U (N) $(d^{1/29}d^{1/14}b^{1/28})$	$(10.29.\overline{26})$	$(\overline{19}.55.\overline{36}.13)$
V (N) $(d^{1/34}d^{1/29}b^{1/29}$	$(20.36.\overline{39})$	$(\overline{16}.75.\overline{59}.17)$

(1) La lettre n indique les faces nouvelles relativement pour le gisement de Couzon, et la lettre N les faces absolument nouvelles.

PARTICULARITÉS DIVERSES. — CORROSIONS

Les cristaux étudiés dans cette note présentent diverses particularités intéressantes à signaler.

Je me suis borné à présenter ici les combinaisons les plus riches en formes nouvelles, soit relativement, soit d'une manière absolue, parmi celles où le rhomboèdre e^1 est la dominante. Mais, à côté de ces combinaisons assez rares, il y en d'autres plus fréquentes, où, avec la face e^1 apparaissent les bisellements $e_{1/2}$ plus largement développés.

Haüy en a déjà figuré plusieurs dans l'Atlas de son *Traité de Minéralogie* (voir les figures 39, 95, 106 et 132 des planches 7, 14 15 et 18).

Les faces d^2, e^3 et e^2, très petites alors, cette dernière surtout, et qui disparaissent même parfois complètement, semblent avoir été absorbées par les faces $e_{1/2}$.

J'ai néanmoins pu obtenir les incidences suivantes, assez bonnes :

	Calculés.	Mesurés.
e^1e^1	101°8′	101°10′ moy.
$e^1e_{1/2}$	162°56′	162°57′
$e_{1/2}e_{1/2}$ adj.	135°38′	135°29′ moy.
$e_{1/2}e_{1/2}$ sur e^1	92°9	91°57′
e^1e^3	122°55′	122°53′

Un faciès assez curieux est celui qu'offre la figure 10. Sur un cristal où e^1 domine, le sommet est constitué par un ensemble de faces b^x, dont l'intersection avec e^1 est une ligne courbe. Ce sommet est entouré par trois autres pointements, dûs à un développement de faces p, qui paraît avoir continué à se faire après la formation du cristal.

Enfin, il faut mentionner les corrosions diverses que présentent ces cristaux du type e^1, simple ou modifié plus ou moins; elles sont de trois espèces.

A la première appartiennent les corrosions linéaires, sur lesquelles j'ai déjà attiré l'attention (voir *Comptes rendus*, 31 janvier 1887 et 29 août 1887, et *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, n° 8, tome X, page 297 et suivantes). J'ai démontré que ces lignes de corrosion, qui, parfois, se manifestent suivant trois directions sur une même face e^1, déterminent par l'ensemble de celles-ci des plans parallèles à b^1.

Je rappellerai, en passant, que M. G. Cesàro, qui a donné une intéressante monographie des cristaux de calcite de Rhisnes (Belgique) et de quelques autres gisements

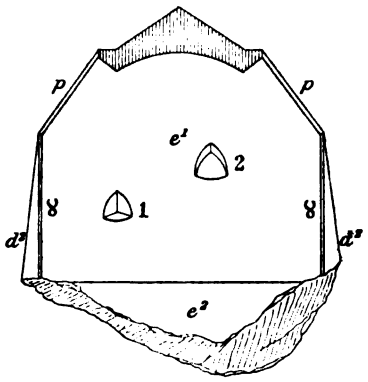


Fig. 10.

(voir *Description de quelques cristaux de calcite belges*, Acad. roy. de Belgique, 1885), est arrivé à la même conclusion, quant à la direction de son plan de strie (*Bulletin de la Soc. franç. de Minéral.*, n° 1, tome XI, p. 51 et suivantes).

Les faces e^1 présentent aussi des corrosions polyédriques (voir fig. 10, nos 1 et 2). Ce sont des vides tétraédriques courbes, dont l'axe de symétrie est dans un plan vertical contenant la diagonale oblique de e^1, et dont, si l'on peut dire, l'intersection avec e^1 est un triangle isocèle curviligne, qui a sa base parallèle à la diagonale horizontale de e^1. Ces cristaux négatifs, d'ordinaire très petits et d'une grande netteté sont isolés et répartis çà et là en très grand nombre parfois sur les faces de l'inverse, qui conservent leur poli. Parfois aussi beaucoup plus développés, atteignant jusqu'à un millimètre et demi de plus grande dimension suivant la diagonale oblique de e^1, ils se pénètrent mutuellement, et alors les faces de l'inverse deviennent irrégulières ou ternes.

Enfin, les arêtes e^1 sur e^1 sont également l'objet de corrosions.

Un même cristal présente quelquefois ces trois genres de corrosions à côté d'autres cristaux de la même géode qui restent absolument nets et très miroitants. Ceci ne laisse pas de rendre quelque peu embarrassante l'explication de la production de ces divers phénomènes.

Mémoire sur la quartzine et sur l'origine de la polarisation rotatoire du quartz.

Par M. Fréd. Wallerant.

HISTORIQUE

Mon but n'est pas de discuter ici les différentes hypothèses qui furent proposées pour expliquer la polarisation rotatoire; je tiens seulement à résumer les résultats

obtenus dans la voie que j'ai suivie pour établir nettement la part de chacun et rendre à mes prédécesseurs ce qui leur est dû.

C'est en 1869 que Reusch publia dans les *Annalen der Physik und Chemie*, t. 138, les premières expériences qui servirent de base à la théorie que je crois avoir établie d'une façon définitive dans ce travail. Généralisant une expérience de Norremberg, Reusch empila des lames de mica de même épaisseur, de façon que leurs sections principales fussent à 120° les unes des autres, toujours dans le même sens dans un même paquet. En plaçant ces paquets dans les appareils permettant d'observer les phénomènes de la polarisation chromatique soit en lumière parallèle, soit en lumière convergente, il constata la production de phénomènes identiques à ceux que l'on obtient avec une lame de quartz taillée perpendiculairement à l'axe, autrement dit le passage à travers ces paquets, a pour effet de faire tourner le plan de polarisation du rayon incident, et le sens de la rotation est précisément déterminé par le sens de l'empilement des lames de mica dans le paquet. Reusch devait naturellement chercher à expliquer la polarisation rotatoire des cristaux en s'appuyant sur ses expériences. Il venait justement d'étudier les anomalies optiques que l'on observe dans les aluns, anomalies qu'il expliquait en admettant l'existence de tensions internes réparties de telle sorte qu'elles fussent égales dans toutes les directions d'une face de l'octaèdre, mais plus petites que dans une direction perpendiculaire à cette face. Il en conclut que la polarisation rotatoire du quartz est due à l'existence de trois plans de tension également inclinés sur l'axe et coïncidant peut-être avec les faces de l'un ou de l'autre des hemiscalénoèdres.

En 1876, Mallard et L. Sohncke soumirent simultanément

au calcul les expériences de Reusch. Dans un mémoire que contient le tome IX des *Mathematische Annalen*, Sohncke considère un rayon polarisé rectilignement tombant sur un paquet de trois lames biréfringentes d'égale épaisseur et dont les sections principales sont à 120° l'une de l'autre, et il calcule la longueur des axes de la vibration elliptique émergente. Il cherche ensuite à quelles conditions doivent satisfaire les lames pour que le petit axe soit nul et pour que l'angle de la seule vibration subsistante avec la vibration incidente soit indépendant de la direction de cette dernière. Il constata ainsi que la question ne comportait pas de solution rigoureusement exacte, mais seulement une solution approchée, que l'on obtient en supposant l'épaisseur des lames suffisamment mince pour que l'on puisse en négliger les puissances supérieures. Une telle solution nécessitait une vérification expérimentale plus précise que celle fournie par les observations de Reusch. Aussi, Sohncke entreprit-il une série de mesures qu'il a publiées dans le tome VIII des *Erganzungband der Annalen der Physik und Chemie* et constata ainsi le bien fondé de ses résultats mathématiques en voyant les valeurs mesurées se rapprocher d'autant plus des valeurs calculées que l'épaisseur des lames était plus petite.

Il montra même que la concordance entre les deux séries de valeurs était presque complète avec des lames d'une épaisseur de 0mm,0099 et que par suite les phénomènes de la polarisation étaient rigoureusement reproduits au moyen de ces lames.

En outre dans son livre intitulé « *Entwikelung einer theorie der krystallstruktur* », publié en 1879, Sohncke montrait que la structure hémiédrale devait se rencontrer normalement dans certains cristaux constitués suivant les vues de Bravais. On sait que d'après celui-ci, les éléments de symétrie

cristal sont communs à la fois à la molécule et au système réticulaire; mais si au lieu de les attribuer à la molécule elle-même, on les considère comme appartenant à un ensemble de molécules constituant un élément cristallin, rien ne sera changé à la façon de concevoir la structure d'un cristal. Mais alors un second problème se présente : une molécule étant donnée, quelle position occupent relativement à celle-ci les molécules des autres éléments. Sohncke a montré, en résolvant ce problème, qu'il existait toute une catégorie de cristaux où les molécules, situées sur une certaine droite, avait tourné l'une par rapport à l'autre, d'un angle déterminé autour de cette droite, toujours dans le même sens; cette rotation pouvant se faire de gauche à droite ou de droite à gauche. On voit donc que par expériences et par ses développements théoriques, Sohncke précisa l'hypothèse de Reusch et lui apporta une confirmation des plus précieuses.

Simultanément, Mallard traitait la même question au point de vue mathématique. Dans son mémoire, inséré dans les *Annales des Mines*, tome X, Mallard recherche les modifications exercées sur une vibration incidente par un paquet de lames identiques entre elles, orientées d'une façon quelconque, lorsque l'épaisseur est suffisamment faible pour que l'on puisse en négliger les puissances supérieures. Il montre que dans le cas général la vibration émergente est une vibration elliptique dont il calcule les éléments, mais qu'en outre, dans certains cas, celui par exemple où les sections principales des lames font entre elles des angles de 60°, toujours dans le même sens, la vibration émergente est rectiligne et que son plan de polarisation a tourné dans le sens inverse à celui de l'empilement des lames d'un angle ω, donné par la formule :

$$\omega = -\frac{\pi^2}{3\sqrt{3}\lambda^2} d^2E.\ \delta E,$$

dans laquelle δE représente l'épaisseur d'une lame, E l'épaisseur de tout le paquet, d le retard introduit par le passage à travers une lame. Les résultats sont donc identiques à ceux obtenus par Sohncke, mais de plus, Mallard indique la structure que doit posséder le quartz pour que la théorie précédente lui soit applicable. Il suffit que la molécule soit biaxe et possède un axe de symétrie binaire; si ces molécules se disposent suivant les mailles d'un système réticulaire ternaire, de telle sorte que l'axe binaire des molécules situées sur une même rangée verticale coïncide successivement avec chacun des axes binaires du système réticulaire, l'édifice cristallin aura une hémiédrie ternaire holoaxe et présentera le phénomène de la polarisation rotatoire. Cette conception théorique des cristaux possédant le pouvoir rotatoire est beaucoup moins simple que celle proposée par Sohncke et me paraît devoir être abandonnée.

Cette façon de concevoir la structure du quartz fait naître immédiatement une objection sérieuse : puisque le phénomène de la polarisation rotatoire reste constamment identique, il faut que l'enroulement des molécules se fasse avec une régularité parfaite et il est difficile d'admettre que les conditions de cristallisation aient toujours été suffisamment favorables pour permettre à la structure cristalline d'atteindre ce degré de perfection. Pour lever cette objection, M. Wyrouboff a repris l'étude optique du quartz et a montré dans un travail, que renferme le tome VIII des *Annales de Chimie et Physique*, que cette régularité est en définitive exceptionnelle et que fréquemment le quartz présente deux axes optiques dont l'écartement est variable.

Mais, bien entendu, si ces observations permettent de lever une objection faite *a priori* à la théorie, elles ne suffisent pas cependant, comme le dit cet observateur, pour en démontrer l'exactitude.

En 1890, des découvertes importantes firent faire un grand pas à la question. MM. Michel Lévy et Munier Chalmas reprirent l'étude des variétés fibreuses de silice désignées sous le nom de calcédoine et publièrent le résultat de leurs recherches dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* du 24 mars 1890, puis dans le *Bulletin de la Société minéralogique*, tome XV.

Ils furent amenés à distinguer trois variétés de silice fibreuse auxquelles ils donnèrent les noms de :

Calcédoine,
Quartzine,
Lutécine.

Ces trois variétés, toutes les trois biaxes, ne se distinguent que par la direction d'allongement de la fibre.

Dans la calcédoine, la fibre est allongée suivant le grand axe d'élasticité optique n_p, dans la quartzine suivant le petit axe d'élasticité n_g et dans la lutécine suivant une direction du plan de symétrie n_g, n_m, mais encore mal déterminée; dans les *Comptes rendus*, M. Michel Lévy considère cette direction comme faisant un angle de 45° avec l'axe n_g de petite élasticité, tandis que dans le *Bulletin de la Société minéralogique* il attribue à ce même angle une valeur de 29°.

L'angle des axes optiques, variable, peut atteindre 35° ; les biréfringences principales sont approximativement : $n_g - n_p = 0{,}0095$; $n_g - n_m = 0{,}0086$; $n_m - n_p = 0{,}0009$.

La quartzine est susceptible de former des groupements ternaires que M. Michel Lévy décrit dans les termes suivants :

« Certaines préparations montrent des associations ternaires de fibres presque éteintes (de 0 à 0,001 de biréfringence) entourées par des éventails de fibres beaucoup plus allongées et plus biréfringentes qui jouent, autour des associations centrales ternaires le rôle que les petits sphérolithes de quartzine remplissent autour des dents de quartz. Le croquis figure 12 rend compte, au point de vue optique, de cette association. En lumière convergente, lorsqu'on vise bien précisément le centre du groupement, on obtient la croix noire caractéristique des sections perpendiculaires à un axe optique unique positif.

» Dès que l'on admet dans l'objectif plus de rayons provenant d'un système de fibres que des deux autres, la croix se disloque et deux axes assez écartés se montrent autour d'une bissectrice positive bien centrée. Quand on s'écarte du milieu du groupement, la bissectrice se décentre.

» Dans chaque système de fibres, le plan des axes optiques est perpendiculaire à l'allongement apparent qui est positif. Il ne faut pas d'ailleurs oublier que le véritable allongement est suivant n_g perpendiculairement à la plaque étudiée ; celle-ci témoigne donc d'un aplatissement relatif suivant n_m et non d'un allongement absolu.

» Certaines préparations montrent parfaitement que les faisceaux ternaires de quartzine prennent la place des dents de quartz, et parfois même se fusionnent avec elles.

» Il nous paraît inutile d'insister sur la confirmation pratique que nous avons ainsi découverte des idées théoriques préalablement développées par M. Mallard, au sujet de la structure intime du quartz. »

On voit d'après ce qui précède que MM. Michel Lévy et Munier Chalmas, tout en apportant des documents de la plus haute importance pour la question qui nous occupe, ont eu surtout pour but de décrire les différentes variétés

de silice cristallisée et n'ont fait qu'indiquer, dans leur conclusion, la corrélation pouvant exister entre la biaxie de cette silice et le pouvoir rotatoire du quartz.

Aussi, ayant trouvé des matériaux particulièrement propices à l'étude de cette question si intéressante, j'ai cru devoir reprendre la question, et après de longues et minutieuses recherches, j'ai pu établir que l'hypothèse de Reusch, complétée par Sohncke, était exacte, en montrant que dans une face du rhomboèdre *p* du quartz, c'est-à-dire dans une face sur laquelle les molécules se déposent lors de l'accroissement du cristal, les molécules de quartzine pouvaient prendre trois orientations déterminées, se déduisant les unes des autres par une rotation de 120° autour de l'axe du quartz et que, d'autre part, quand une même face *p* limite simultanément deux cristaux, l'un gauche, l'autre droit, les molécules de cette face appartenant au cristal gauche sont à 120°, comme orientation, des molécules du cristal droit.

Les développements que je vais donner éclairciront cet aperçu de mes résultats et en montreront l'importance au point de vue de la conclusion; mais auparavant je dois reprendre la question au point de vue mathématique.

PRÉLIMINAIRES MATHÉMATIQUES

MM. Mallard et Sohncke, dans leurs travaux sur la question, ont considéré le phénomène de la polarisation rotatoire comme un cas particulier de la polarisation elliptique, c'est-à-dire que, considérant un rayon polarisé rectilignement qui tombe sur un paquet de lames, ils ont calculé les éléments de la vibration elliptique émergente et ont cherché dans quelles conditions cette vibration elliptique devenait une vibration rectiligne. En suivant

cette marche, pour éviter les difficultés de calcul, ils devaient, dès le début, faire des hypothèses restrictives, de sorte qu'en arrivant à des formules générales en ce sens qu'elles comprenaient le cas de la polarisation elliptique, leurs résultats ne comportaient pas toute la généralité dont ils sont susceptibles en ce qui concerne le cas de la polarisation rotatoire.

Considérons un paquet de trois lames biréfringentes quelconques superposées et orientées d'une façon quelconque et sur lequel tombe normalement un rayon de lumière homogène polarisé rectilignement.

Soit OA, OA' les sections principales de la première lame (fig. 1);

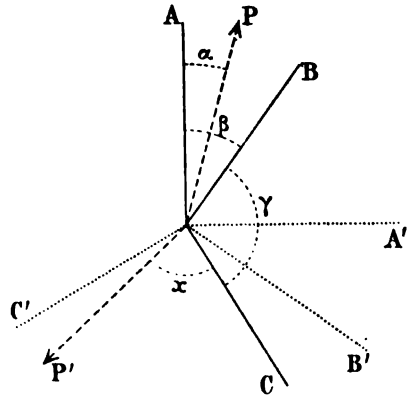


Fig. 1.

h_1 la phase à l'origine des temps du rayon vibrant suivant OA ;

k_1 la phase du rayon vibrant suivant OA',

Et posons $h_1 - k_1 = d_1$.

OB et OB' les sections principales de la deuxième lame, OB faisant un angle β avec OA et

$$h_2, k_2, \quad h_2 - k_2 = d_2$$

les quantités correspondantes aux précédentes.

Enfin OC et OC′, les sections principales de la troisième lame, OC faisant un angle γ avec OB.

$$h_3, k_3 \text{ et } h_3 - k_3 = d_3$$

les quantités correspondantes.

Si la vibration incidente OP fait un angle α avec OA, il est facile de voir que les composantes du mouvement vibratoire émergent, rapportées à OC′ et OC sont :

$$Y = \begin{cases} -\operatorname{Cos}\alpha \operatorname{Cos}\beta \operatorname{Sin}\gamma \operatorname{Sin}\left[\frac{2\pi t}{T} - (h_1 + h_2 + k_3)\right] \\ -\operatorname{Sin}\alpha \operatorname{Sin}\beta \operatorname{Sin}\gamma \operatorname{Sin}\left[\frac{2\pi t}{T} - (k_1 + h_2 + k_3)\right] \\ -\operatorname{Cos}\alpha \operatorname{Sin}\beta \operatorname{Cos}\gamma \operatorname{Sin}\left[\frac{2\pi t}{T} - (h_1 + k_2 + k_3)\right] \\ +\operatorname{Sin}\alpha \operatorname{Cos}\beta \operatorname{Cos}\gamma \operatorname{Sin}\left[\frac{2\pi t}{T} - (k_1 + k_2 + k_3)\right] \end{cases}$$

$$X = \begin{cases} \operatorname{Cos}\alpha \operatorname{Cos}\beta \operatorname{Cos}\gamma \operatorname{Sin}\left[\frac{2\pi t}{T} - (h_1 + h_2 + h_3)\right] \\ +\operatorname{Sin}\alpha \operatorname{Sin}\beta \operatorname{Cos}\gamma \operatorname{Sin}\left[\frac{2\pi t}{T} - (k_1 + h_2 + h_3)\right] \\ -\operatorname{Cos}\alpha \operatorname{Sin}\beta \operatorname{Sin}\gamma \operatorname{Sin}\left[\frac{2\pi t}{T} - (h_1 + k_2 + h_3)\right] \\ +\operatorname{Sin}\alpha \operatorname{Cos}\beta \operatorname{Sin}\gamma \operatorname{Sin}\left[\frac{2\pi t}{T} - (k_1 + k_2 + h_3)\right] \end{cases}$$

expressions que l'on peut, pour abréger, mettre sous la forme :

$$Y = \operatorname{Cos}\alpha \operatorname{Cos}\beta \operatorname{Cos}\gamma$$

$$\left[\operatorname{Sin}\frac{2\pi t}{T}(A \operatorname{tg}\alpha - B) - \operatorname{Cos}\frac{2\pi t}{T}(C \operatorname{tg}\alpha - D)\right]$$

$$X = \text{Cos}\,\alpha\ \text{Cos}\,\beta\ \text{Cos}\,\gamma$$

$$\left[\text{Sin}\,\frac{2\pi t}{T}(A'\text{tg}\alpha - B') - \text{Cos}\,\frac{2\pi t}{T}(C'\text{tg}\alpha - D)\right]$$

Pour que la vibration émergente soit polarisée rectilignement, il faut et il suffit que l'on ait :

$$\frac{A\text{tg}\alpha - B}{A'\text{tg}\alpha - B'} = \frac{C\text{tg}\alpha - D}{C'\text{tg}\alpha - D'} = \text{tg}x$$

en désignant par x l'angle que fait la vibration émergente OP′ avec OC.

Pour que cette égalité ait lieu quel que soit α, sans que tg$x$ soit indépendant de α, il suffit que l'on ait :

$$\frac{C}{A} = \frac{D}{B} = \frac{C'}{A'} = \frac{D'}{B'} \qquad (1)$$

D'autre part, si nous désignons par X l'angle de la vibration émergente avec la vibration incidente, on a évidemment :

$$X = \beta + \gamma + x - \alpha$$

ou bien :

$$x = \alpha + (X - \beta - \gamma)$$

et par suite :

$$\text{tg}\,x = \frac{\text{tg}\,\alpha + \text{tg}\,(X - \beta - \gamma)}{1 - \text{tg}\alpha\,\text{tg}\,(X - \beta - \gamma)}$$

Pour que cet angle X soit indépendant de la direction de la vibration incidente, il faut que les égalités suivantes soient satisfaites quel que soit α :

$$\frac{A\text{tg}\,\alpha - B}{A'\text{tg}\,\alpha - B'} = \frac{C\text{tg}\,\alpha - D}{C'\text{tg}\,\alpha - D'} = \frac{\text{tg}\,\alpha + \text{tg}\,(X - \beta - \gamma)}{1 - \text{tg}\,\alpha\,\text{tg}\,(X - \beta - \gamma)}$$

c'est-à-dire que l'on ait :

$$\begin{aligned} A &= -\frac{B}{tg\,(X-\beta-\gamma)} = -\frac{A'}{tg\,(X-\beta-\gamma)} = -B' \\ C &= -\frac{D}{tg\,(X-\beta-\gamma)} = -\frac{C'}{tg\,(X-\beta-\gamma)} = -D' \end{aligned} \quad (2)$$

Nous remarquerons d'abord que si les conditions (2) sont satisfaites, il en est de même des conditions (1). Or, les premières, c'est-à-dire

$$A = -B' \qquad B = A'$$
$$C = -D' \qquad D = C'$$

se réduisent à deux conditions qui peuvent se mettre sous la forme :

$$\text{tang}\,\frac{d_1+d_3}{2} = -\,tg\,\frac{d_2}{2}\,\frac{\text{Cos}\,(\beta-\gamma)}{\text{Cos}\,(\beta+\gamma)}$$
$$tg_1\,\frac{d_1-d_3}{2} = tg\,\frac{d_2}{2}\,\frac{\text{Sin}\,(\beta-\gamma)}{\text{Sin}\,(\beta+\gamma)}$$

ou

$$tg\,d_1 = -\,tg\,\frac{d_2}{2}\,\frac{tg\,2\,\gamma}{\text{Sin}\,2\,\beta}$$
$$tg\,d_3 = -\,tg\,\frac{d_2}{2}\,\frac{tg\,2\,\beta}{\text{Sin}\,2\,\gamma}$$

qui nous permettent de calculer d_1 et d_3 lorsque l'on connaît d_2, β et γ.

D'autre part, l'angle de rotation est donné par l'égalité :

$$tg\,(X-\beta-\gamma) = -\frac{B+A'}{A-B'}$$

et en vertu des conditions précédentes, on obtient pour X la valeur :

$$tg\,X = \frac{\text{Sin}\,2\,(\beta+\gamma)\,tg\,\frac{d_1}{2}\,tg\,\frac{d_3}{2}}{1+tg\,\frac{d_1}{2}\,tg\,\frac{d_3}{2}\,\text{Cos}\,2\,(\beta+\gamma)}$$

On voit ainsi que les trois lames *épaisses*, orientées d'une façon quelconque, mais d'épaisseurs convenablement choisies, ont pour action de faire tourner le plan de polarisation de la vibration incidente, et l'angle de rotation est indépendant de la direction de celle-ci.

Les phénomènes de la polarisation chromatique et leurs conséquences ont été si souvent vérifiés expérimentalement, qu'il eût été oiseux de rechercher dans des expériences la confirmation de ces formules, qui peuvent être admises sans conteste.

Si, maintenant, nous cherchons l'équation du mouvement vibratoire suivant OP', nous trouvons, en posant :

$$\delta = h_1 + k_1 + h_2 + k_2 + h_3 + k_3$$

$$y = \frac{A}{\operatorname{Cos}\frac{\delta}{2}} \; \frac{\operatorname{Cos}\beta \operatorname{Cos}\gamma}{\operatorname{Cos}(X-\beta-\gamma)} \operatorname{Sin}\left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{\delta}{2}\right)$$

La phase du rayon émergent est donc :

$$\frac{\delta}{2} = \frac{(n+n')}{2}\,(e_1 + e_2 + e_3)$$

en supposant que les trois lames possèdent les mêmes indices n et n' et que leurs épaisseurs soient respectivement e_1, e_2, e_3. Autrement dit, le rayon a éprouvé, par le fait même du passage à travers l'ensemble des trois lames. un retard égal à celui que lui ferait éprouver une seule lame isotrope d'épaisseur $e_1 + e_2 + e_3$ ayant pour indice la moyenne des indices $\frac{n+n'}{2}$.

Jusqu'ici, nous avons supposé la lumière homogène, et les formules précédentes, dans lesquelles entre la longueur d'onde λ, ne sont applicables que dans ce cas. Mais si l'on

n'emploie que des lames suffisamment minces pour que le carré de l'épaisseur soit négligeable vis-à-vis de l'épaisseur elle-même, les formules se généralisent. Elles deviennent en effet :

$$d_1 = -\frac{d_2}{2}\ \frac{\operatorname{tg} 2\gamma}{\operatorname{Sin} 2\beta} \qquad d_3 = -\frac{d_2}{2}\ \frac{\operatorname{tg} 2\beta}{\operatorname{Sin} 2\gamma}$$

$$X = \frac{\operatorname{Sin} 2(\beta+\gamma)\, d_1\, d_3}{4 + d_1\, d_3 \operatorname{Cos} 2(\beta+\gamma)}$$

et si les lames d'épaisseur e_1, e_2, e_3 sont de même substance, ces formules nous donnent :

$$e_1 = \pm\frac{e_2}{2}\ \frac{\operatorname{tg} 2\gamma}{\operatorname{Sin} 2\beta} \qquad e_3 = \pm\frac{e_2}{2}\ \frac{\operatorname{tg} 2\beta}{\operatorname{Sin} 2\gamma}$$

$$X = \frac{\operatorname{Sin} 2(\beta+\gamma)\,(n'-n)^2\, e_1\, e_3}{4\lambda^2 + e_1\, e_3\,(n'-n)^2 \operatorname{Cos} 2(\beta+\gamma)}$$

J'ai dû introduire ici un double signe, car les formules $\operatorname{tg} d^1 = -\operatorname{tg}\frac{d_2}{2}\ \frac{\operatorname{tg} 2\gamma}{\operatorname{Sin} 2\beta}$ et $\operatorname{tg} d_3 = -\operatorname{tg}\frac{d_2}{2}\ \frac{\operatorname{tg} 2\beta}{\operatorname{Sin} 2\gamma}$ indiquent que si les facteurs $\frac{\operatorname{tg} 2\gamma}{\operatorname{Sin} 2\beta}$, $\frac{\operatorname{tg} 2\beta}{\operatorname{Sin} 2\gamma}$ sont tous deux négatifs, les sections principales OA, OB, OC doivent être de même signe relativement aux autres sections principales OA′, OB′, OC′, c'est-à-dire qu'une vibration suivant OA, OB ou OC doit se propager respectivement plus vite ou moins vite qu'une vibration suivant OA′, OB′ ou OC′. Si au contraire $\frac{\operatorname{tg} 2\gamma}{\operatorname{Sin} 2\beta}$ par exemple est positif, les sections OA et OB devront être de signe contraire relativement à OA′ et OB′.

On devra donc, dans les formules précédentes, prendre les signes convenables pour que e_1 et e_3 soient positifs.

On voit donc que dans le cas où nous nous sommes placés, les conditions sont indépendantes de la longueur d'onde et le système des trois lames donnera en lumière parallèle et en lumière convergente des phénomènes identiques à ceux que l'on obtient avec une lame taillée dans un cristal doué de la polarisation rotatoire.

Je n'ai plus qu'à indiquer le cas particulier qui, seul, me sera nécessaire ; c'est celui où

$$\beta = \gamma = 120^\circ.$$

Dans ce cas, les formules relatives aux lames épaisses deviennent :

$$\operatorname{tg} d_1 = \operatorname{tg} d_3 = 2 \operatorname{tg} \frac{d_2}{2}$$

$$tg\, X = \frac{2\sqrt{3}\, \operatorname{Sin}^2 \frac{d_1}{2}}{1 + 3 \operatorname{Cos} d_1}$$

et dans le cas des lames minces :

$$d_1 = d_2 = d_3$$

$$X = \frac{\sqrt{3}}{2} \pi^2 \frac{(n' - n)^2}{\lambda^2} e_1^2.$$

Ces dernières formules sont celles établies par MM. Mallard et Sohncke. Mais il m'a paru nécessaire d'établir les formules dans le cas des lames épaisses, puisque, dans les expériences, le cas des lames minces n'est jamais réalisé, et de montrer ainsi que ces lames épaisses ne doivent pas avoir la même épaisseur pour déterminer la rotation d'une vibration.

Quartz et Quartzine.

Avant d'étudier les relations existant entre le quartz et la quartzine, il est nécessaire de décrire les propriétés de la quartzine d'une part et la forme des cristaux de quartz avec lesquels elle se trouve en relation.

Dans les sables de Cuise des environs de Paris, c'est-à-dire dans la partie supérieure de l'éocène inférieur, on rencontre des géodes de grosseurs fort variables, pouvant atteindre la grosseur d'une pomme. Ces géodes vides ou remplies de calcite, ont leur paroi formée de silice à deux états différents : la partie externe de la paroi est formée de cristaux de quartz recouverts à l'intérieur de quartzine à surface mamelonnée, comme l'indique la photographie figure 1, planche I. Ces mamelons ont leur convexité tournée vers l'intérieur de la géode, remarque sur laquelle j'aurai à revenir plus tard.

Il est à remarquer que ces géodes ne se rencontrent dans les sables de Cuise que quand ceux-ci sont exposés depuis longtemps aux agents atmosphériques, dans les talus des chemins creux, et d'une façon générale dans la partie superficielle du dépôt sableux. Sur les plateaux encore recouverts de calcaire grossier qui protège le sable situé immédiatement au-dessous, les géodes font complètement défaut.

Il est donc fort probable que ces géodes se sont formées depuis la dénudation du calcaire grossier, depuis que les eaux météoriques ont pu circuler librement à travers le sable, dissoudre la silice hydratée qui s'y trouve toujours en quantité plus ou moins notable et la transporter en d'autres points où, grâce à des conditions que nous ignorons, elle a cristallisé en donnant du quartz et de la quartzine. Ce qui

est certain c'est que ces minéraux sont uniquement le résultat de réactions chimiques aqueuses s'étant produites à la température ordinaire et que les actions ignées sont absolument étrangères à leur formation.

Quartz. — Les cristaux de quartz microscopiques constituent la zone externe de la paroi de la géode, mais ils ne sont pas disposés régulièrement, normalement à cette paroi. Ils forment des bouquets dont les sommets sont placés à la limite externe de la géode, comme le montre la coupe figure 1, planche II, et d'où les cristaux divergent vers l'intérieur; ces bouquets en se juxtaposant, en s'enchevêtrant, constituent la zone externe de la paroi. De cette disposition, il résulte que les cristaux vont en grossissant en s'éloignant du centre, et que les cristaux étant accolés les uns aux autres, ne peuvent présenter latéralement de faces géométriques. Celles-ci ne se montrent qu'à l'extrémité des cristaux, où elle offre des caractères tout spéciaux et jamais observés jusqu'ici.

Ces pointements présentent les trois faces du rhomboèdre *p*, comme je m'en suis assuré en mesurant l'angle plan des faces que j'ai trouvé égal à 94°, la vraie valeur déduite de la mesure des angles dièdres étant de 93°57′. Mais à la place de chacune des faces $e^{1/2}$ s'élève un trièdre que l'on voit dans la figure 2, A, représentant un pointement vu de face, et dans la figure B, d'un cristal vu de profil. Des sections faites dans le cristal montrent que ces trièdres sont les extrémités de trois cristaux enchâssés dans un cristal central; leur section droite présente un angle interne de 60°, comme le montre la figure D. Les quatre cristaux ont leurs axes optiques parallèles, et comme les bases des trièdres, marquées *d*, sont précisément parallèles à une face *p* du cristal central, elles peuvent elles-mêmes être considérées comme des faces *p* de chacun des cristaux annexes; fré-

quemment d'ailleurs, ces bases font défaut et les trièdres sont creux. Quant aux faces latérales des trièdres, elles sont assez complexes : chacune d'elles est formée d'un grand nombre de petites facettes toutes parallèles entre elles, mais disposées en escalier, comme le montre la figure B ; autrement dit chaque facette est en retrait sur

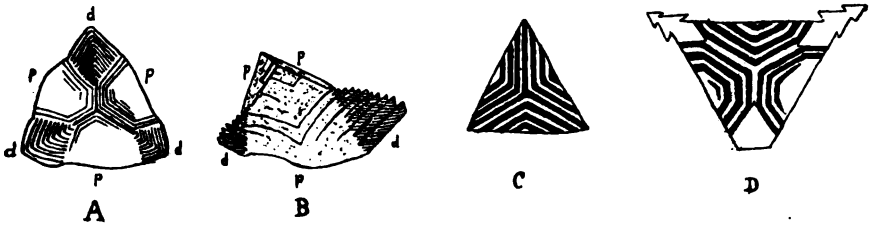


Fig. 2.

la facette immédiatement inférieure. Les facettes sont striées très finement et très régulièrement, ces stries sont parallèles à l'intersection $e^2e^{1/2}$ et les stries des deux faces d'un même trièdre font entre elles un angle de 60°. Il en résulte que ces facettes appartiennent à la zone $e^2e^{1/2}$ et s'il ne nous a pas été possible de déterminer exactement leur notation, à en juger d'après les apparences, les facettes d'un même trièdre sont deux faces e^2 non adjacentes. Il ne faut pas oublier, en effet, que dans le prisme hexagonal e^2 les six faces ne sont pas identiques : les vapeurs d'acide fluorhydrique déterminent sur trois faces non adjacentes des figures de corrosion différentes de celles que l'on trouve sur les trois autres ; on doit donc s'attendre à trouver sur certains cristaux les faces e^2 d'un des groupes à l'exclusion des autres. D'autre part, par suite du retrait d'une facette immédiatement inférieure, il se produit une autre facette occupant précisément la place de la face supérieure d'une marche dans un escalier ; cette seconde

facette est parallèle à une face *p* et lui est absolument assimilable au point de vue de la position, c'est-à-dire que comme elle, elle est symétrique de la face *d*. Cette remarque a son importance comme on le verra dans la suite.

Les faces *p* du cristal central, présentent assez souvent une particularité intéressante; on constate sur elles l'existence de couches minces se superposant les unes aux autres en allant du sommet à la base de la face. En outre. les accidents de la surface se traduisent généralement par la disparition de fragments parallèles à cette surface, comme s'il existait un clivage parallèle aux faces *p*. Ces faits s'expliquent facilement si l'on se rappelle la position respective des cristaux de quartz : ils sont intimement accolés par leurs faces latérales et les pointements seuls sont libres ; c'est donc uniquement par dépôt de matière sur les faces du pointement que ces cristaux ont pu s'accroître; il est, par suite, tout naturel que dans certains cas, la nouvelle couche formée ne s'étende pas sur toute la face *p* et que d'autre part il y ait un clivage parallèle à cette face.

Comme l'indique la figure A, les faces *p* montrent des stries, fines et continues, parallèles aux arêtes *pp* et aux côtés de base des trièdres. Ces stries sont les lignes de suture de cristaux en forme de lamelles, parallèles à l'axe du cristal principal et dont la forme gauche se comprend bien en considérant les figures C et D, où les lignes claires et les lignes obscures en reproduisent les sections droites, la première dans une section perpendiculaire à l'axe faite au-dessus des trièdres et la seconde plus bas. Ces lamelles sont généralement séparées par des plans de suture bien nets, mais le point intéressant consiste en ce que chacune d'elles se subdivise en deux lamelles présentant des rotations de sens différents. C'est ce qu'indiquent les

figures C et D où, bien entendu, on a exagéré les différences d'extinction. Les deux photographies des figures 3 et 4, planche I, montrent le même cristal après que l'on a fait tourner l'analyseur tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre. Il est à remarquer que les cristaux se terminant par les trièdres ont toujours la même rotation que la lamelle en forme d'étoile à trois branches correspondant aux arêtes du rhomboèdre *p*. Ces cristaux présentent d'ailleurs assez fréquemment des irrégularités : s'ils sont gauches, par exemple, ils présenteront des zones à contours quelconques possédant une rotation droite.

Tandis, d'ailleurs, que ces derniers cristaux se prolongent dans toute la longueur du cristal central, les lamelles au contraire s'arrêtent plus ou moins loin du sommet en se terminant en biseau. Leur existence n'est pas constante, tantôt elles font complètement défaut, tantôt elles n'existent que sur une ou deux faces *p*. Généralement, elles sont confinées dans le voisinage des arêtes *pp* et n'envahissent pas toute la face *p*. Il est à remarquer que la partie de la face *p* non envahie par ces lamelles gauches ne présente pas la polarisation rotatoire. Cela se voit assez bien dans la photographie, figure 2, planche I, d'une coupe faite très bas dans un cristal, si bas même qu'elle n'intéresse que la partie inférieure des lamelles gauches. On se rend bien compte cependant que si les lamelles à rotation droite sont éteintes et les lamelles à rotation gauche éclairées, les parties du cristal correspondant aux faces *p* ont une intensité intermédiaire. Toutes particularités sur lesquelles j'aurai à m'appuyer plus tard.

Enfin, j'ai tenu à m'assurer de l'identité de ces cristaux avec le quartz habituellement étudié : j'ai mesuré les indices principaux de réfraction pour la lumière du sodium et j'ai retrouvé les valeurs connues. De plus, en mettant un frag-

ment de ces cristaux en suspension dans un mélange de xylol et d'iodure de méthylène et prenant la densité de ce liquide au moyen de la balance de Westphal, j'ai pu obtenir une valeur très exacte de la densité de ce quartz, densité qui est de 2,622.

Quartzine. — La quartzine en masse, si elle est pure, est incolore et même transparente quand on en polit les surfaces ou qu'on les couvre d'eau; fréquemment une petite quantité d'oxyde de fer la rend blonde et en altère la limpidité. La première chose à faire était de s'assurer que cette quartzine définie physiquement jusqu'ici était bien de la silice pure. En opérant sur un gramme environ de matière que j'ai fait dissoudre dans l'acide fluorhydrique et en faisant évaporer avec adjonction d'acide sulfurique, il n'est resté qu'un léger enduit de rouille sur les parois du creuset; le poids de cet enduit était si faible qu'il ne m'a pas été possible de le déterminer. La quartzine est donc bien de la silice avec une petite quantité d'eau d'imbibition dont la présence s'explique facilement par l'origine aqueuse du minéral.

Si, en effet, on chauffe la quartzine au rouge, elle subit une perte légère, et elle devient blanche comme de la porcelaine; mais si on la taille alors en lames minces pour pouvoir l'étudier au microscope polarisant on constate que ce nouvel aspect tient seulement à ce que le minéral est craquelé en tous sens et qu'il n'a pas perdu ses propriétés optiques. L'eau chassée n'était donc pas de l'eau de composition, mais bien de l'eau d'imbibition. Il est probable que la quantité de cette eau varie beaucoup avec les conditions de formation, ce qui expliquerait les variations de densité observées dans les échantillons désignés sous le nom commun de calcédoine. La quartzine que nous avons étudiée a exactement pour densité 2,576. Indiquons en

passant que, chauffée au rouge vif pendant un temps suffisant, on voit, comme pour le quartz, la densité diminuer notablement.

La quartzine taillée en lames minces et étudiée au microscope se décompose en fibres très allongées, cylindriques. Quant à la direction d'allongement de ces fibres relativement à la direction des axes d'élasticité optique, elle est très variable. J'ai déjà rappelé que M. Michel Lévy avait distingué trois variétés de silice biaxe suivant la direction d'allongement des fibres :

La calcédoine,
La quartzine.
La lutécine.

La première allongée suivant n_p.

La seconde suivant n_g.

La troisième suivant une direction du plan de symétrie $n_g\ n_m$ faisant avec n_g un angle soit de 45°, soit de 29°.

En m'appuyant sur certaines raisons, ne se rapportant pas à mon sujet, j'ai lieu de croire que cet angle est exactement de 32°.

Mais outre ces directions d'allongement j'ai eu l'occasion d'en reconnaître deux autres. Certaines fibres sont allongées suivant une droite du plan de symétrie $n_g\ n_m$ faisant avec n_g un angle de 57°, c'est-à-dire perpendiculaire sur celle de la lutécine.

Enfin fréquemment les fibres sont allongées suivant l'axe d'élasticité moyenne n_m. Etant donné la multiplicité des directions d'allongement, il me semble superflu et même gênant de donner des noms différents à ces différentes variétés et je propose de désigner sous le nom de quartzine la silice cristallisée biaxe définie par les constantes optiques que l'on trouvera plus loin.

On n'avait jusqu'ici que des renseignements peu précis sur le système cristallin auquel appartient la quartzine, on savait seulement qu'elle appartient à l'un des trois derniers systèmes puisqu'elle est biaxe. J'ai pu faire faire un pas à la question grâce à des matériaux d'une origine tout autre que ceux employés jusqu'ici. La granulite des environs des Aubiers, en Vendée, renferme des cristaux de quartz, d'origine éruptive, disposés en faisceaux rayonnants, dont les pointements hexagonaux $pe^{1/2}$ sont seuls libres. Ceux-ci présentent de nombreuses zones d'accroissement parallèles à la surface extérieure. Ce sont de véritables quartz encapuchonnés. Les zones d'accroissement, qui indiquent un ralentissement dans la cristallisation, ont leur surface jalonnée par de petits corpuscules en général grossièrement arrondis, incolores ou légèrement colorés en jaune, dont la nature paraît à première vue assez difficile à déterminer. Mais dans la zone externe de quartz, où la cristallisation paraît avoir rencontré le plus de difficultés, outre les corpuscules réparties au hasard, on en voit d'autres disposés en files, sans se toucher; d'autres se touchant, mais ne se fusionnant pas, forment des fibres noueuses; enfin par la fusion on passe à des fibres de quartzine allongées sur n_m et situées dans un plan perpendiculaire à l'axe optique du quartz. Or, certains des corpuscules qui, par suite, doivent être considérés comme formés de quartzine, au lieu d'avoir une forme grossièrement arrondie, ont une forme de tétraèdre, orienté de façon à ce que l'une des hauteurs soit parallèle à l'axe du quartz. La base opposée à cette hauteur possède des angles très voisins de 60°, si voisins même que je n'aurais pas hésité, d'après les mesures faites, à considérer la valeur de 60° comme exacte, si je n'avais su que la quartzine était biaxe. Il en résulte donc que la hauteur correspondante est un axe

ternaire limite, suivant l'expression de Mallard. Si, de plus, on admet, ce qui est fort probable, que ces tétraèdres sont orientés optiquement comme les fibres de quartzine auxquelles ils donnent naissance, il en résulte que la quartzine appartient, comme la tridymite, au système triclinique. D'après l'orientation, en effet, l'axe de plus petite élasticité optique coïncide avec l'axe ternaire limite et par suite ce tétraèdre ne possède aucun axe binaire, puisque dans un tel solide un axe binaire passe forcément par les milieux de deux arêtes opposées et ne sauraient par suite coïncider, ni être perpendiculaires à l'axe de plus petite élasticité optique. Par conséquent la quartzine appartient au système triclinique et chacune des faces du tétraèdre représente à elle seule une forme simple.

Dans leur mémoire, MM. Michel Lévy et Munier Chalmas indiquent pour l'angle des axes optiques une valeur variable pouvant atteindre 35° et, d'après une communication verbale de M. Michel Lévy, il pourrait dépasser 40°. Il était donc nécessaire de rechercher les causes de cette variabilité pour se prémunir contre elles, puisque évidemment, dans un corps cristallisé bien défini, l'angle des axes optiques est constant. La cause de cette variabilité est facile à prévoir : la quartzine n'a été étudiée que dans des concrétions où il existe toujours des tensions; ce n'est pas là une simple hypothèse, car quand on casse les géodes que j'ai décrites, elles éclatent sous le marteau et les fragments en sont projetés de toutes parts. Ces tensions ne peuvent que très peu modifier l'élasticité optique du corps, c'est-à-dire les indices de réfraction, mais il ne faut pas oublier que l'angle des axes optiques n'est pas fonction des indices eux-mêmes, mais de leurs différences qui sont toujours faibles et que, par suite, la moindre variation dans les indices entraîne pour ces différences des variations

notables. Comme les tensions s'exercent dans des directions fort différentes, relativement au plan des axes optiques, tantôt elles augmentent, tantôt elles diminuent l'angle des axes.

Heureusement, dans nos préparations, les faces de cristaux de quartz sont tapissées de fibres de quartzine bien parallèles entre elles, fixées par une de leurs extrémités au cristal, libres par l'autre. Comme on le comprendra plus facilement quand je décrirai les relations de la quartzine et du quartz, ces fibres ne sont pas concrétionnées ; elles forment souvent de petits faisceux isolés, maintenus dans leur position simplement par l'adhérence de l'une des extrémités au cristal de quartz.

Le faisceau qui m'a servi avait à peu près $0^{mm},02$ de côté ; malgré l'exiguité de ces dimensions, la mesure de l'angle se fait sans peine par le procédé de MM. Mallard et Bertrand au moyen d'une loupe Klein combinée avec un oculaire Czapski.

Connaissant l'indice moyen, j'ai trouvé pour 2V la valeur 58° dont la bissectrice aiguë est l'axe de plus petite élasticité avec $v < \rho$.

Comme on le voit, en se mettant à l'abri des causes d'erreur, c'est-à-dire de l'influence des tensions, on obtient pour cet angle une valeur bien supérieure à celle indiquée jusqu'ici.

Mais ce qu'il importait avant tout de déterminer, c'est la valeur des indices de réfraction. Toutes mes recherches se faisaient sur des lames minces, taillées dans les géodes, ayant une épaisseur de $0^{mm},04$ à $0^{mm},05$ et collées sur une lamelle de verre, en tout semblable aux préparations qui servent à l'étude des roches au microscope. La seule méthode à employer pour mesurer les indices était celle de la réflexion totale, présentant encore de grandes difficultés.

Si, en effet, les plages de quartzine, étant englobées dans des préparations ayant un centimètre de côté, pouvaient être considérées comme absolument planes, les parties de ces plages dans lesquelles les fibres sont bien parallèles entre elles, ne dépassent pas comme dimensions un demi millimètre de côté.

Si donc, on réfléchit que la lumière renvoyée par le cristal doit traverser un collecteur, un objectif, un oculaire et, de plus, un analyseur, on comprendra que la grande difficulté consiste à se procurer des sources de lumière homogène suffisamment intenses. Pour la lumière jaune, les procédés ordinaires ont suffi, mais pour obtenir d'autres lumières, j'ai dû faire construire un tube Plücker à hydrogène, de forme spéciale : le tube fin est enroulé sur lui-même dans un même plan et les ampoules sont placées perpendiculairement à ce plan, de façon à pouvoir approcher la partie éclairante aussi près que possible de la cuve en verre dépoli contenant le liquide où baignait le cristal. J'ai pu mesurer ainsi les indices pour les raies C, D et F.

Le liquide employé était soit de la naphtaline monobromée, soit de l'iodure de méthylène, dont les indices étaient fréquemment déterminés, car ils dissolvent le beaume de Canada servant à coller la préparation sur la lamelle de verre qui la supporte.

Bien entendu la première précaution à prendre était de recouvrir la préparation d'encre de Chine en ne ménageant que le cristal, ce qui se faisait facilement sur la platine d'un microscope muni d'un faible objectif.

De plus, pour la lumière jaune, se prêtant mieux aux déterminations, j'ai successivement mesuré les indices sur une face perpendiculaire à la bissectrice aiguë, c'est-à-dire à peu de chose près perpendiculaire aux fibres et sur une

face perpendiculaire à la bissectrice obtuse, c'est-à-dire parallèle aux fibres, car, *a priori*, il n'était nullement certain que l'état fibreux de la matière ne modifierait pas l'angle de réflexion ; j'ai obtenu les mêmes résultats dans les deux cas.

L'indice n cherché étant donné par la formule :

$$n = \text{N. Sin } \lambda,$$

où N est l'indice du liquide, λ l'angle limite, voici les résultats obtenus :

Lumière jaune. — Raie D.

Pour le grand indice n_g :

$\lambda = 68°33$	lg N = 0,2194519	$n_g = 1,543$
$\lambda = 68°35$	lg N = 0,2194519	$n_g = 1,543$
$\lambda = 68°38$	lg N = 0,2198187	$n_g = 1,544$
$\lambda = 68°35$	lg N = 0,2198187	$n_g = 1,544$
	Moyenne	$n_g = 1,5435$

Pour l'indice moyen n_m :

$\lambda = 67°58$	lg N = 0,2194519	$n_m = 1,536$
$\lambda = 67°45$	lg N = 0,2198187	$n_m = 1,535$
	Moyenne	$n_m = 1,5355$

Pour l'indice n_p :

$\lambda = 67°37$	lg N = 0,2194519	$n_p = 1,532$
$\lambda = 67°32$	lg N = 0,2198187	$n_p = 1,533$
	Moyenne	$n_p = 1,5325$

En résumé :

$$n_g = 1,5435$$
$$n_m = 1,5355$$
$$n_p = 1,5325$$

Ces différentes mesures nous montrent que les valeurs obtenues sont exactes, à une unité près du troisième ordre.

Lumière rouge. — Raie C.

Pour le grand indice n_g :

$\lambda = 62°51$ $\lg N = 0,2384435$ $n_g = 1,540$

Pour l'indice moyen n_m :

$\lambda = 62°28$ $\lg N = 0,2382142$ $n_m = 1,534$

Pour le petit indice n_p :

$\lambda = 62°10$ $\lg N = 0,2384435$ $n_p = 1,531$

$n_g = 1,540$
$n_m = 1,534$
$n_p = 1,531$

à une unité près, du troisième ordre.

Lumière verte. — Raie F.

Pour le grand indice n_g :

$\lambda = 61°24$ $\lg N = 0,2464566$ $n_g = 1,548$

Pour l'indice moyen n_m :

$\lambda = 60°49$ $\lg N = 0,2464566$ $n_m = 1,540$

Pour le petit indice n_p :

$\lambda = 60°38$ $\lg N = 0,2464566$ $n_p = 1,537$

$n_g = 1,548$
$n_m = 1,540$
$n_p = 1,537$

Il eût été du plus grand intérêt pour mon travail de pouvoir déterminer la dispersion de la quartzine, autrement dit les trois biréfringences principales, pour chacune des teintes du spectre. Mais pour les déduire des indices, il faudrait les connaître au moins avec leur quatrième décimale et pour les mesurer directement il faudrait pouvoir opérer sur des préparations plus épaisses que celles que je possédais ; avec des lames de 3 à 4 centièmes de millimètre d'épaisseur, d'une substance peu biréfringente, les erreurs commises dans la mesure du retard et celle de l'épaisseur ont une importance relative trop grande.

Tout ce que nous pouvons obtenir, c'est une valeur moyenne des biréfringences.

La biréfringence maxima peut se déduire assez exactement de la différence des indices et les autres se calculer au moyen de l'angle des axes optiques, dont les variations n'influent que peu sur celles des biréfringences. On a ainsi :

$$n_g - n_p = 0{,}011$$
$$n_g - n_m = 0{,}0075$$
$$n_m - n_p = 0{,}0035$$

Les deux dernières ne sont en définitive que la moyenne des valeurs que l'on peut déduire de la différence des indices.

RELATIONS ENTRE LA QUARTZINE ET LE QUARTZ

Je suis arrivé à la partie la plus importante de mon travail, à la recherche des relations existant entre la quartzine et les cristaux de quartz que j'ai étudiés dans le paragraphe précédent. Cette recherche m'a présenté les plus grandes difficultés et cela pour plusieurs raisons. Les cristaux de quartz, en effet, sont cachés par la quartzine qui

les recouvre et de plus, de dimensions très petites ; il n'était pas possible de les tailler suivant une orientation déterminée ; le seul renseignement que je possédais au sujet de l'orientation des sections résultait de ce que les cristaux étant grossièrement normaux à la surface des géodes, en taillant une lame mince tangentielle dans cette géode, j'avais des chances d'y rencontrer des sections normales à l'axe ; tandis que les sections parallèles à cet axe devaient surtout se trouver dans les lames passant par le centre de la géode. En ce qui concerne la quartzine, une autre difficulté naissait de la finesse de ses fibres : quand un faisceau de fibres est coupé obliquement, il n'est guère possible de distinguer les différents segments, quand ils se trouvent dans le prolongement les uns des autres, de sorte que les fibres paraissent toujours être parallèles au plan de la section. Une troisième difficulté provenait de ce que les relations entre la quartzine et le quartz ne sont constantes que quand ce dernier possède la polarisation rotatoire, ce qui en définitive est le cas exceptionnel.

De plus, les fibres sont allongées suivant des directions fort différentes, comme je l'ai indiqué, aussi, en s'appuyant sur l'allongement de la fibre, au lieu de s'appuyer sur l'orientation optique, on est amené à commettre de graves erreurs.

Je distinguerai d'abord deux groupes de fibres : l'un comprend des fibres très courtes tapissant la surface des cristaux de quartz et qui ne sont visibles qu'à un assez fort grossissement dans les lames minces. Un second groupe comprend des fibres très longues, réparties en faisceaux coniques très aigus, qui, dans leur direction générale, sont disposées normalement sur les faces *p* des cristaux de quartz. Ce sont ces fibres qui forment le recouvrement des cristaux, les mamelons visibles à l'intérieur des géodes.

Au moment où ces faisceaux coniques pénètrent au milieu des fibres de l'autre groupe, ils se rétrécissent brusquement et se réduisent à un petit nombre de fibres accolées qui s'infléchissent et deviennent parallèles à l'axe du quartz. Aussi, les faisceaux proprement dits n'ont-ils peut-être pas leur point de départ sur les faces mêmes du cristal, mais plutôt sur des fibres de l'autre groupe parallèle à l'axe du quartz.

Sur chaque cristal, il y a trois systèmes de ces fibres, les fibres de chaque système étant normales à l'une des faces du rhomboèdre *p*. De sorte que dans une section perpendiculaire à l'axe du cristal, faite un peu au-dessus de ce cristal, on obtient un groupement ternaire formé de trois secteurs de 120° (fig. 2 [Pl. II). Dans chacun de ces secteurs les fibres, quoique coupées obliquement, paraissent, comme je l'ai déjà dit, dirigées parallèlement à la bissectrice du secteur, dans le plan de la section. Ces fibres sont allongées suivant l'axe n_g et le plan des axes optiques est perpendiculaire au plan bissecteur du secteur.

Mais ces fibres n'ont qu'un rapport accidentel avec les cristaux de quartz, et de leur groupement ternaire, on ne peut rien conclure sur la constitution de celui-ci. Elles se sont disposées normalement aux faces du cristal comme tous les corps cristallisés en aiguilles se disposent normalement à la surface des corps sur lesquels ils se fixent. Le groupement ternaire résulte simplement de ce que le rhomboèdre *p* ne possède que trois faces; s'il en possédait quatre, la quartzine formerait des groupements quaternaires. Ce qui le démontre d'une façon irréfutable, c'est que j'ai observé des groupements ternaires en tout semblables sur des rhomboèdres de calcite.

Passons donc à l'étude des fibres du second groupe qui, seules, ont de l'importance au point de vue de la structure

du quartz. Ces fibres, au lieu de former des faisceaux coniques s'insérant de loin en loin sur le cristal, sont réunies en faisceaux parallèles, tapissent toute la surface du cristal et se répartissent en trois systèmes différant l'un de l'autre par l'orientation optique. Mais il y a lieu, pour se rendre compte de la disposition de ces fibres, de distinguer les cristaux simples, ne présentant pas la polarisation rotatoire, des cristaux complexes possédant cette propriété.

Commençons par les premiers. Si on considère la position de l'axe de la fibre relativement aux éléments du cristal de quartz, on peut reconnaître sur chaque face *p* cinq systèmes de fibres. Les fibres de deux systèmes sont situées dans des plans perpendiculaires à l'axe optique du cristal et, dans ces plans qui coupent le trièdre *p* suivant des triangles équilatéraux, parallèles aux hauteurs de ces triangles issues des sommets adjacents à la face *p* considérée. Les fibres de deux autres systèmes sont appliquées sur la face *p* elle-même et parallèles à l'une ou l'autre des arêtes du trièdre *p*. En projection, sur un plan perpendiculaire à l'axe du quartz, elles sont parallèles aux fibres précédentes, aussi ne les distingue-t-on bien que dans les préparations épaisses permettant de les suivre dans leur développement. Le troisième système a une direction toute différente : ses fibres sont parallèles à l'axe optique du cristal.

La photographie fig. 5 Pl. I nous montre les fibres situées dans un plan perpendiculaire à l'axe du quartz. D'après ce que j'ai dit plus haut, on comprend qu'il n'est pas possible de montrer dans une photographie les fibres parallèles aux arêtes quand elles coexistent avec les précédentes, mais dans la photographie fig. 2 Pl. III, où elles sont seules on les voit très nettement.

Les fibres parallèles à l'axe sont également très difficiles

à représenter, parce qu'elles s'éteignent en même temps que le quartz. On ne peut les mettre en évidence qu'en les éclairant par de la lumière naturelle fortement convergente de façon à déterminer des réflexions totales sur leurs bords. On les voit bien cependant dans la fig. 1 Pl. III en *a*.

Mais si l'on considère l'orientation optique, on voit qu'il n'y a en réalité que trois orientations; la diversité apparente provient de ce que les fibres sont allongées suivant des directions différentes. Ces fibres sont très courtes; elles ont au plus $0^{mm},02$ de longueur et en outre, dans les préparations, les plages que l'on peut observer n'ont pas une largeur supérieure, par suite de la présence des faisceaux du premier groupe qui viennent s'interposer au milieu de ces fibres. Aussi n'ai-je pu les examiner en lumière convergente et déterminer leur orientation que grâce à l'oculaire Czapski. J'ai constaté ainsi que la bissectrice aiguë de l'angle des axes optiques, c'est-à-dire l'axe n_g était dans toutes les fibres parallèles à l'axe du cristal de quartz sur lequel elles étaient fixées. Pour arriver à cette constatation, il ne pouvait être question de faire des mesures tout à fait impossibles dans les conditions où je me trouvais. Voici l'artifice que j'ai employé : dans les préparations, les cristaux de quartz ne sont jamais coupés rigoureusement suivant un plan perpendiculaire à l'axe ; les sections sont plus ou moins obliques sur cet axe et par suite, en lumière convergente, le centre de la croix noire occupe une position quelconque dans le champ. Or, en examinant en lumière convergente une plage de fibres, si on tourne la platine du microscope de façon à transformer l'hyperbole, ligne neutre, en croix noire, puis, si on déplace légèrement la platine de façon à amener dans le champ de l'appareil le cristal de quartz sur lequel les fibres sont fixées, on ne s'aperçoit du passage qu'à ce que dans

le quartz la croix noire se détache sur un fond plus limpide ; quelle que soit l'inclinaison de l'axe optique du quartz sur l'axe du microscope, la croix noire ne bouge pas quand on passe de la quartzine au quartz. Il faut donc bien que l'axe d'élasticité optique de la quartzine soit parallèle à l'axe optique du quartz.

Une fois ce résultat obtenu, il est facile de constater que, dans les fibres situées dans des plans perpendiculaires à l'axe du quartz, le plan des axes optiques est perpendiculaire à la direction d'allongement des fibres, direction qui coïncide par suite avec l'axe moyen d'élasticité. Mais les fibres étant parallèles aux hauteurs du triangle découpé dans le quartz, les plans des axes optiques sont respectivement parallèles aux côtés du triangle, adjacents à la face *p* supportant les fibres.

Pour les fibres situées dans la face *p* parallèle aux arêtes du cristal, leur orientation optique est absolument la même que dans l'un ou l'autre des systèmes précédents, mais au lieu d'être allongées suivant n_m, elles sont allongées suivant une droite située dans le plan n_g n_m et faisant avec n_g un angle de 57°.

Dans le troisième système, les fibres, étant allongées parallèlement à l'axe de plus petite élasticité, sont de la quartzine proprement dite ; elles sont orientées de façon que le plan de leurs axes optiques soit parallèle au troisième côté du triangle.

On voit donc que, si en apparence il existe sur les faces *p* d'un pointement de quartz cinq systèmes de fibres, au point de vue de l'orientation optique, il n'en existe que trois dont les plans des axes optiques, disposés comme l'indique le schema suivant (fig. 3), sont parallèles à l'axe ternaire du rhomboèdre *p* et respectivement perpendiculaires

sur chacun de ses plans de symétrie, et font, par suite, entre eux, des angles de 120°.

Quant à la répartition des fibres de chaque système sur les faces *p*, elle est excessivement variable ; en général, sur une face, c'est un système qui prédomine sans exclure complètement les deux autres, et le plus souvent ce n'est pas le même système qui prédomine sur les trois faces du même cristal. En un mot. aucune loi ne régit la répartition des fibres sur les faces du quartz.

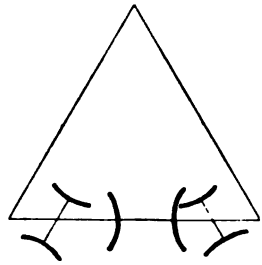


Fig. 1.

Je terminerai en faisant remarquer que ce sont les fibres de quartzine proprement dites qui, en se recourbant, servent d'amorces aux faisceaux coniques du premier groupe également constitués par des fibres de quartzine proprement dite.

De plus, comme l'ont fait remarquer MM. Michel Lévy et Munier Chalmas, c'est ce système de fibres de quartzine qui est généralement le point de départ de la cristallisation du quartz. Le centre des bouquets de cristaux de quartz comme celui représenté par la fig. 1 Pl. II. est assez fréquemment occupé par de la quartzine proprement dite dont les fibres sont disposées radialement et qui se fusionnent avec les cristaux de quartz.

Si maintenant on examine les cristaux présentant la polarisation rotatoire, à la répartition irrégulière des fibres

d'orientation différente, succède une régularité parfaite. Comme je l'ai dit plus haut, les cristaux présentant la polarisation rotatoire sont d'une part, les cristaux à section triangulaire, qui se terminent par un trièdre si particulier et en second lieu les cristaux en forme de lamelles gauches qui possèdent alternativement la rotation gauche et la rotation droite.

Occupons-nous d'abord de ces derniers ; sur leurs faces *p*, ne s'insère qu'un seul système de fibres allongées parallèlement à l'une des arêtes de la face *p* sur laquelle elles s'insèrent. Mais la bissectrice aiguë est toujours parallèle à l'axe du quartz et le plan des axes optiques perpendiculaire à l'un des plans de symétrie, autrement dit l'orientation optique est la même que dans le cas précédent.

Quand une des lamelles de quartz est complète, c'est-à-dire qu'elle se compose de deux parties respectivement parallèles à chacune des arêtes, sur l'une de ces parties, les fibres, pouvant librement se développer, sont longues, tandis que sur l'autre elles sont très courtes et précisément égales à l'épaisseur de la lamelle. A première vue, on pourrait croire que la petitesse de ces dernières fibres provient de ce qu'elles ont été coupées par la préparation, mais il n'en est rien ; dans les préparations un peu épaisses, on les retrouve très nettement dans l'épaisseur.

J'arrive maintenant à un fait capital, c'est que sur deux lamelles accolées et présentant des rotations de sens différents, les fibres sont toujours orientées à 120° les unes des autres.

Enfin, quand le nombre des lamelles est insuffisant pour recouvrir toute la face *p*, la partie inférieure et centrale de cette face, qui correspond à une portion du cristal ne possédant plus la polarisation rotatoire, supporte encore les deux systèmes de fibres allongées et orientées dans les

mêmes directions, mais au lieu d'être régulièrement groupées suivant leur orientation, elles sont au contraire réparties de la façon la plus irrégulière et s'enchevêtrent de façon à former un véritable feutrage.

Ces détails se voient bien dans la photographie (fig. 1, Pl. III), qui demande quelques explications. Elle représente une section faite dans un trièdre du rhomboèdre *p*, section qui a la forme d'un tronc de pyramide. Cette section est vue par sa grande base, aussi est-ce à travers les faces latérales que l'on voit les fibres appliquées sur ses faces et c'est seulement le tronc de prisme ayant pour base la petite base du tronc de pyramide qui est éteint. Mais pour bien mettre en évidence les différents systèmes de fibres, il faut les éclairer d'une façon spéciale, ce que l'on ne parvient pas à faire pour les trois faces latérales simultanément ; aussi ces fibres ne sont-elles bien visibles que sur une face.

On voit en *a* trois systèmes de fibres courtes, à peu près au maximum d'éclairement, en *a'* deux autres systèmes à peu près éteintes, en *b* trois systèmes de fibres longues, orientées comme les fibres *a*, et en *b'* les fibres longues correspondant aux fibres *a'*. Au centre, au contraire, les fibres n'ont plus cette répartition régulière parce qu'elles sont insérées sur une région de la face *p*, ne présentant pas de lamelles de polarisation rotatoire.

La photographie (fig. 1, Pl. IV) montre bien la disposition en angles ouverts sur la face *a* des fibres vue en détail dans les photographies précédentes; on a mis au point dans l'intérieur de la préparation elle-même, de sorte qu'aucun détail n'est bien net.

Il me reste à considérer les cristaux se terminant par un trièdre et possédant aussi la polarisation rotatoire. J'ai dit plus haut que les faces latérales de ces trièdres se

décomposaient en facettes striées appartenant à la zone $e^2e^{1/2}$ en retrait les unes sur les autres et que ce retrait résultait une facette parallèle à une face p. Or, ces facettes portent des fibres qui sont parallèles à l'une des arêtes de la face p parallèle à la facette, de sorte que de chaque côté du dièdre on voit s'écarter des fibres respectivement parallèles à chacune des arêtes. Au point de vue optique, elles sont d'ailleurs orientées comme les autres fibres parallèles à ces mêmes arêtes. Il y a donc similitude complète entre ces cristaux et les lamelles gauches possédant la polarisation rotatoire. Quant aux facettes de la zone $e^2e^{1/2}$, leurs stries qui, je le rappelle, sont dans un plan perpendiculaire à l'axe du quartz, portent des fibres également situées dans ce plan et ayant la même orientation sur les deux faces du dièdre. Elles sont toutes parallèles à la hauteur correspondante du triangle que fait dans le quartz une section perpendiculaire à l'axe. Ces fibres sont allongées suivant n_m, et le plan des axes optiques parallèle à l'axe du quartz est perpendiculaire à la fibre. On voit donc que les trois systèmes de fibres observées sur ces trièdres ont encore des orientations optiques à 120° les unes des autres.

Il est vrai que sur les lamelles gauches nous n'avons pas observé le dernier système de fibres allongées suivant n_m, mais il ne faut pas oublier que les facettes de la zone $e^2e^{1/2}$ ne s'observent pas sur ces lamelles.

La disposition des fibres dont je viens de parler est fort difficile à montrer dans une photographie, car pour bien voir la direction d'allongement de ces fibres il faut faire successivement varier la mise au point de façon à les suivre dans l'épaisseur de la préparation.

Je donne ici, figure 2, Pl. IV, une photographie d'une section faite un peu obliquement dans un cristal dont les

trièdes sont très développés relativement à la partie centrale ; elle montre les deux systèmes en *a* et en *b*.

Tels sont, rapidement exposés, les faits qu'il s'agit d'interpréter. Avant tout, je ferai remarquer que les cristaux de quartz, étant intimement en contact par leurs faces latérales, ne peuvent s'accroître que par dépôt de nouvelles molécules sur les faces du pointement, en particulier sur les faces *p*. En second lieu, j'admets que chaque fibre de quartzine est optiquement orientée comme la molécule du cristal sur laquelle elle est fixée. C'est là à vrai dire une supposition, mais qui est justifiée par tant de faits d'observations qu'elle peut être admise sans difficulté. D'autant plus que c'est peut-être la silice qui nous offre le plus d'exemples, dans la nature, de semblables actions d'orientations ; ainsi dans les roches éruptives, non seulement un cristal de quartz préexistant exerce une action d'orientation sur les cristaux de quartz se formant à son contact, mais encore sur ceux qui se forment à distance, malgré la présence de petits cristaux de feldspath entre le cristal orientant et le cristal orienté. D'ailleurs, dans le cas présent, l'examen des faits nous amène à la même conclusion : et en effet les fibres de quartzine ne sont pas normales aux faces du quartz, et si elles peuvent prendre plusieurs orientations, celles-ci sont parfaitement définies et en rapport avec celle des éléments du cristal de quartz ; elles sont donc forcément déterminées par le quartz et l'hypothèse la plus simple pour expliquer cette action du quartz, est d'admettre que la fibre de quartzine est orientée comme la molécule qui la supporte. Nous sommes ainsi amenés à cette conclusion, c'est que, dans le cas où le cristal ne possède pas la polarisation rotatoire, les molécules de quartzine qui se déposent sur une face *p* peuvent s'orienter de trois façons différentes et de trois seulement : l'axe de

plus petite élasticité se place parallèlement à l'axe du quartz et le plan des axes optiques se dispose de façon à être perpendiculaire à l'un des plans de symétrie du rhomboèdre *p* ; dans une même face *p*, les molécules peuvent prendre trois orientations différentes, à 120° les unes des autres, mais en général l'une des orientations prédomine sur les autres.

Si maintenant on considère un cristal, qui se décompose dans sa partie centrale en lamelles à rotation alternativement droite et gauche et possédant la même face *p*, toutes les molécules se déposant dans la face *p* de l'une de ces lamelles s'orientent de la même façon ; celles se déposant sur la face *p* d'une lamelle à rotation gauche, s'orientent à 120° de celles se déposant sur la même face *p* d'une lamelle à rotation droite.

Dans la partie inférieure et centrale d'une face *p*, dans la région ne se décomposant plus en lamelles à rotation, les molécules possèdent une orientation ou une autre et alors dans cette région la polarisation rotatoire n'existe plus.

Je suis ainsi amené à considérer de la façon suivante le mode de formation des cristaux se décomposant en lamelles à rotation gauche et droite.

Les molécules, qui se déposent sur une face *p*, s'orientent, sur une lamelle à rotation gauche de façon à ce que le plan des axes optiques soit perpendiculaire au plan de symétrie passant par une arête OA_1 du rhomboèdre *p*, sur les lamelles à rotation droite de façon à ce que ce même plan soit perpendiculaire sur le plan de symétrie passant par l'arête OA_2 ; dans une seconde couche de molécules, sur les lamelles gauches le plan des axes optiques est perpendiculaire sur le plan passant par OA_2 et sur les lamelles droites sur le plan passant par OA_1 et dans une troisième couche, toutes les molécules s'orientent de façon à ce que le plan des axes

optiques soit perpendiculaire sur le plan de symétrie passant par l'arête OA_3 qui occupe la même position relativement aux deux systèmes de lames gauches et droites. Puis le cycle recommence.

Ce mode de formation est indiqué dans le cas présent par les faits observés ; mais évidemment il n'est pas nécessaire ; il n'est pas indispensable pour la régularité de l'enroulement que toutes les molécules d'une face *p* soient orientées parallèlement et il est même probable que dans l'améthyste où les lamelles alternativement gauches et droites sont disposés autrement, le processus est différent. Je vais d'ailleurs, à propos d'une question subsidiaire, indiquer un autre mode d'orientation des molécules.

On peut se demander si un cristal de quartz est réellement formé de fibres de quartzine enchevêtrées d'après certaines règles, ou simplement de molécules de quartzine qui ne se disposent en fibres que quand les conditions nécessaires à la formation du quartz ne se trouvent pas réalisées.

Les cristaux de quartz éruptif provenant de la Vendée, et que j'ai déjà décrits, me paraissent fournir les éléments d'une réponse à cette question.

Dans la zone d'accroissement externe, où la cristallisation paraît avoir rencontré le plus de difficultés, outre les corpuscules de quartzine répartis au hasard, on en voit d'autres disposés en files, mais sans se toucher, d'autres se touchant mais ne se fusionnant pas forment des fibres noueuses ; enfin par la fusion on passe à des fibres véritables de quartzine allongées suivant n_m, situées dans un plan perpendiculaire à l'axe optique du quartz et réparties en trois systèmes faisant entre eux des angles à 120°. Si donc on considère que ces fibres sont plongées dans du

quartz normal, on arrive à cette conclusion que quand les molécules de quartzine ont la même orientation tout le long d'une fibre allongée suivant la direction que je viens d'indiquer, elles n'ont pas l'orientation voulue pour former du quartz. Il est *probable* qu'il n'en est pas de même pour les autres directions d'allongement de la quartzine et que par conséquent la fibre n'existe pas dans le quartz et qu'elle ne se produit que dans le cas défavorable à la cristallisation du quartz.

Mais ces cristaux de quartz nous offrent une autre particularité : les fibres, en effet, au lieu d'être parallèles aux hauteurs du triangle découpé dans le rhomboèdre *p* par un plan perpendiculaire à l'axe optique, sont parallèles aux côtés de ce triangle, autrement dit le plan des axes optiques de la quartzine, au lieu d'être perpendiculaire à l'un des plans de symétrie du rhomboèdre *p*, est parallèle à l'un de ces plans.

Cette disposition se voit bien dans la photographie figure 6, planche I, malgré les conditions où elle a été faite. Les fibres sont en effet peu nombreuses et ne se superposent pas ; aussi à l'extinction en lumière polarisée, elles ne laissent passer que trop peu de lumière pour être photographiées. J'ai donc dû opérer en lumière ordinaire assez convergente pour déterminer des réflexions totales.

Les molécules de quartzine ne sont pas orientées relativement au rhomboèdre *p* dans ce quartz éruptif comme dans le quartz d'origine aqueuse des environs de Paris. C'est probablement à des différences de cette nature que sont dues les variations si notables que l'on observe dans l'angle de deux faces *p* du rhomboèdre des cristaux de quartz d'origines différentes, variations considérées jusqu'ici comme des anomalies.

RELATIONS ENTRE LES INDICES DE RÉFRACTION DU QUARTZ ET CEUX DE LA QUARTZINE. — ÉPAISSEUR DE L'ÉLÉMENT DE QUARTZINE.

Si, comme tous les faits que je viens d'exposer tendent à le démontrer, le quartz est constitué par des molécules de quartzine convenablement orientées, ses forces élastiques optiques et par suite ses indices de réfraction, doivent être des résultantes de ceux de la quartzine. Or les indices de cette substance sont inférieures à ceux du quartz qui, par conséquent, à première vue, ne peuvent en être déduits. C'était là une grave objection, qui m'avait d'abord fait rejeter l'hypothèse de Reusch sur la constitution du quartz. Mais j'ai remarqué depuis que les indices mesurés n'étaient pas ceux d'une fibre de quartzine mais ceux d'une masse fibreuse de quartzine ; qu'entre les fibres existaient des espaces vides dont les dimensions sont inférieures à celles des longueurs d'onde et qui par suite déterminent simultanément une diminution dans les valeurs des indices de réfraction et dans celle de la densité. L'application de la loi de Gladstone était donc tout indiquée pour calculer les indices de réfraction de la quartzine ayant la densité du quartz 2,622 au lieu d'avoir la densité mesurée 2.576.

En calculant ainsi les indices de la quartzine, on trouve les valeurs suivantes :

Pour la raie C :

$$n_g = 1,5496$$
$$n_m = 1,5435$$
$$n_p = 1,5404$$

Pour la raie D :

$$n_g = 1,5532$$
$$n_m = 1,5450$$
$$n_p = 1,5420$$

Pour la raie F :

$$n_g = 1,5577$$
$$n_m = 1,5496$$
$$n_p = 1,5465$$

L'angle des axes optiques reste le même, puisque le rapport des biréfringences ne change pas.

Or, l'axe de plus petite élasticité de la quartzine coïncidant avec celui du quartz, l'indice extraordinaire de ce dernier doit être égal au plus grand indice de la quartzine; et d'après le calcul établi dans un paragraphe précédent, l'indice ordinaire doit être égal à la moyenne arithmétique des deux autres indices. On obtient donc ainsi pour les indices du quartz les valeurs ci-dessous, en face desquelles j'ai indiqué les valeurs mesurées :

	Indices calculés.	Indices mesurés.
C	$n_g = 1,549$	1,550
	$n_p = 1,542$	1,541
D	$n_g = 1,553$	1,553
	$n_p = 1,543$	1,544
F	$n_g = 1,557$	1,558
	$n_p = 1,548$	1,549

On voit donc que les valeurs calculées diffèrent des valeurs mesurées au plus d'une unité de troisième ordre.

Il ne me semble pas qu'il soit possible de donner une preuve plus démonstrative de l'exactitude de la théorie que j'ai cherché à établir dans ce travail.

Personnellement, j'en tire une conviction d'autant plus forte que tous les nombres servant de base au calcul étaient déterminés avant que je me sois rendu un compte exact du rapport de la quartzine avec le quartz : attribuant à la quartzine une seule direction d'allongement, suivant

n_g, d'après la disposition des fibres j'étais amené à admettre que le petit axe d'élasticité de la quartzine n'était pas dirigé suivant l'axe du quartz. L'indice extraordinaire de celui-ci devait par cela même être plus petit que le plus grand indice de la quartzine : conclusion en contradiction absolue avec les valeurs que me donnait l'observation ; je suis donc certain de n'avoir pas été influencé dans mes déterminations par une idée préconçue.

En ce qui concerne la polarisation rotatoire du quartz, si nous avions pu mesurer les indices de la quartzine avec assez de précision pour en déduire la valeur de la biréfringence $n_m - n_p$ pour les raies C, D et F, nous aurions pu calculer les deux paramètres de la formule :

$$n_m - n_p = A + \frac{B}{\lambda^2}$$

et d'autre part l'épaisseur de la molécule de quartzine. Tous les paramètres de la formule donnant la rotation d'une vibration de longueur d'onde λ eussent donc été déterminés rationnellement.

Malheureusement nous ne connaissons qu'une valeur moyenne de $n_m - n_p = 0{,}0035$ qui nous permet seulement de nous faire une idée de l'épaisseur de la molécule.

L angle X de rotation d'une vibration de longueur d'onde α est donné par la formule :

$$X = \frac{\sqrt{3}}{2} \pi^2 \frac{(n' - n)^2}{\lambda^2} e^2$$

et pour l'unité d'épaisseur de *quartz*, cet angle est :

$$\alpha = \frac{X}{3e} = \frac{\pi^2 (n' - n)^2 e}{2\sqrt{3}\lambda^2}$$

et ce même angle exprimé en degrés :

$$\alpha = \frac{90\,\pi\,(n' - n)^2 e}{\sqrt{3}\,\lambda^2}$$

Cette formule permet de calculer e :

$$e = \frac{\alpha\lambda^2\sqrt{3}}{90\,\pi\,(n' - n)^2} = \frac{0^{mm},00000753\sqrt{3}}{90\,\pi\,(0,0035)^2} = 0^{mm},0037.$$

A première vue on est étonné de trouver pour l'épaisseur de la particule élémentaire de quartzine une valeur aussi élevée. Mais d'abord je ferai remarquer que cette valeur est parfaitement compatible avec les résultats des expériences de M. Sohncke, qui en effet a montré que la polarisation rotatoire était produite par des lames de mica de biréfringence précisément égale à 0,0035 et dont l'épaisseur était de $0^{mm},0099$, c'est-à-dire près de trois fois plus épaisses que l'élément de quartzine. Mais bien plus, la théorie permettait de prévoir cette valeur élevée pour l'épaisseur de cet élément.

Si en effet les éléments de quartzine quoique biaxes se disposent suivant les mailles d'un système réticulaire ternaire, c'est qu'une de leurs directions est presque un axe ternaire, qui est presque un axe de révolution pour l'ellipsoïde d'élasticité optique. Il en résulte que la biréfringence d'une lame perpendiculaire à cet axe est très faible, et comme pour une rotation donnée l'épaisseur de la lame est en raison inverse du carré de cette biréfringence, l'épaisseur de cette lame doit être relativement grande. Je m'en vais d'ailleurs m'appuyer sur cette remarque pour montrer comment on doit concevoir la constitution d'un cristal de quartz.

DE LA CONSTITUTION PHYSIQUE DU QUARTZ

Des recherches précédentes, il résulte que le quartz doit être considéré comme formé d'éléments biaxes qui dans les cas favorables s'orientent de telle sorte que les éléments situés sur une même parallèle à l'axe soient à 120° les uns des autres. Cet enroulement peut paraître singulier, mais des faits, indéniables quoique la cause en soit inconnue, viennent appuyer ce résultat. MM. Michel Lévy et Munier Chalmas en étudiant la calcédoine, c'est-à-dire de la quartzine allongée suivant l'axe n_p, constatèrent dans certains cas que la biréfringence était variable suivant la longueur de la fibre : qu'elle passait par des minima et des maxima. Ces variations ne peuvent s'expliquer, disent-ils, qu'en admettant la rotation autour de la fibre, comme axe, de la bissectrice aiguë qui est toujours perpendiculaire à la direction de la fibre. J'ai cherché si, au lieu de s'appuyer sur une interprétation, on ne pourrait constater le fait expérimentalement et j'ai trouvé des matériaux propices dans la calcédoine, dite agate d'Oberstein servant à faire des creusets. Cette agate présente des zones blanches formées de fibres bien parallèles, dans lesquelles les variations de biréfringence sont très lentes et avec l'oculaire spécial de Czapski, j'ai pu constater non seulement que la bissectrice aiguë tourne autour de la fibre, mais encore que l'enroulement se produisait tantôt de gauche à droite, tantôt de droite à gauche. L'enroulement dans les deux sens est donc un fait bien établi, mais dont la cause nous échappe.

La différence principale entre cet enroulement et celui existant dans le quartz, consiste en ce que dans la calcédoine il est continu, tandis que dans le quartz il est discontinu et varie par sauts brusques de 120 en 120 degrés.

Mais une fois cette faculté d'enroulement constatée, il est facile de concevoir comment certaines causes s'opposent à la continuité et ne permettent qu'un enroulement par bonds successifs.

D'un calcul précédent, résulte en effet que l'élément de quartzine a une épaisseur d'environ $0^{mm},0037$; cet élément n'est donc pas une molécule, dans le sens habituel du mot, mais un véritable petit corps cristallisé pouvant affecter des formes cristallines.

Cet élément peut par exemple affecter la forme d'un tétraèdre pseudorégulier, comme ceux dont j'ai constaté l'existence dans la quartzine; si ces tétraèdres s'accolent face à face, ce qui est possible, puisqu'ils sont à peu près réguliers, la faculté d'enroulement, si elle est conservée, ne pourra être continue, mais se fera par sauts de 120°. Il se peut que l'élément ait une autre forme, celle d'un rhomboèdre par exemple, mais la forme du tétraèdre pseudorégulier, outre que je l'ai observée, a l'avantage d'expliquer pourquoi le rhomboèdre *p* du quartz est presque cubique. On est donc ainsi amené à considérer l'élément de quartzine constituant du quartz comme identique à la particule intégrante de Haüy. Il ne faut pas en effet oublier que si cette conception a dû être rejetée comme trop particulière par la plupart des cristaux, il n'en est pas moins vrai que certains se montrent comme formés par l'accolement de petits cristaux pouvant à tous les points de vue être considérés comme la particule intégrante de Haüy. C'est ainsi que des petits cubes de fluorine, par leur superposition, donnent naissance à des octaèdres qui, par leur régularité, pourraient rivaliser avec les modèles en bois construits pour l'enseignement de la minéralogie; c'est ainsi que les prismes d'amphibole se décomposent au microscope en une infinité de petits cristaux disposés tous parallèlement;

il me serait facile de multiplier ces exemples, montrant que la constitution que je suis amené à reconnaître au quartz, n'est pas un fait isolé, en ce qui concerne la nature de l'élément constituant.

On voit donc que la polarisation rotatoire du quartz a pour causes premières, d'abord la propriété d'enroulement de la quartzine autour d'un axe d'élasticité optique, propriété non expliquée mais dûment constatée ; en second lieu, le fait que la quartzine présente des formes simples qui, par leur superposition, donnent naissance à un cristal ayant un pointement ternaire qui transforme cet enroulement continu en un enroulement se faisant par sauts de 120°.

Tel est le résultat de mes recherches sur la constitution physique du quartz et sur l'origine de sa polarisation rotatoire. Je crois avoir établi d'une façon définitive l'exactitude de l'hypothèse de Reusch, complétée par Sohncke. Bien entendu, je n'ai pas la prétention d'avoir résolu d'une façon complète le problème de la polarisation rotatoire; il est fort probable que l'explication donnée pour le quartz n'est pas applicable aux autres catégories de corps; mais il suffira, maintenant, de porter ses efforts sur l'origine du pouvoir rotatoire dans les liquides pour que la question soit complètement élucidée.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE

ANNÉE 1897. — BULLETIN N° 2.

Compte rendu de la séance du 11 février 1897.

PRÉSIDENCE DE M. TERMIER.

M. PISANI présente des cristaux de quartz contenant du rutile et provenant du Valais.

M. WEISS expose les résultats de ses recherches sur l'aimantation de la magnétite cristallisée. Le mémoire sera publié dans le prochain *Bulletin*.

M. TERMIER fait la communication suivante :

Sur la bournonite de Peychagnard (Isère).

Par M. P. TERMIER.

Un de mes élèves, M. Anglès-d'Auriac, élève ingénieur au corps des Mines, m'a rapporté, au mois de novembre dernier, de son voyage d'instruction dans l'Isère, un très curieux cristal d'un minéral noir, ayant toutes les propriétés de la bournonite. Ce cristal lui avait été remis par M. Rolland, président du Conseil d'administration de la Compagnie des Mines de La Mure, comme provenant, avec

quelques échantillons de galène, dolomie et quartz, d'une ancienne galerie des mines d'anthracite de Peychagnard. M. Rolland avait, depuis longtemps, remarqué l'étrangeté de l'échantillon et l'avait précieusement conservé. Sur ma demande, M. Tay, ingénieur à la même Compagnie, a bien voulu m'envoyer de nouveaux échantillons du même minéral.

Il s'agit bien d'une veine de quartz et dolomie, avec galène et bournonite, recoupant les grès houillers et rencontrée, il y a quelques années, par une galerie au rocher. Le gîte est actuellement inaccessible, mais on en connaît exactement la position et on l'a repérée avec soin sur les plans des exploitations de Peychagnard.

Le quartz et la dolomie (celle-ci en rhomboèdres à faces courbes) ne présentent aucune particularité remarquable. La galène est en magnifiques cristaux cubo-octaédriques. La bournonite est, le plus souvent, massive et sans formes : ce n'est qu'exceptionnellement qu'elle se présente en cristaux nets. Ces cristaux, dont je possède actuellement deux beaux spécimens, sont, comme on le verra par la suite, tout à fait aberrants et ne ressemblent à aucun des types habituels de l'espèce.

J'ai vérifié d'abord que c'est bien de la bournonite. La densité, mesurée avec le plus grand soin, est de 5,78. L'analyse, faite par M. Pisani, sur de la matière détachée de l'un des cristaux, a donné les résultats suivants :

Soufre	20,2
Antimoine	24,7
Arsenic	Faibles traces.
Plomb	40,0
Cuivre	13,7
Total. . .	98,6

Il n'y a ni argent, ni fer.

L'éclat, extrêmement vif, est métallique sur les faces cristallines, semi-métallique et résineux dans la cassure. La poussière est noire.

Comme, d'autre part, les cristaux sont nettement orthorhombiques, et que l'un d'entre eux, ainsi qu'on le verra tout à l'heure, montre, dans l'une des zones perpendiculaires à un plan de symétrie, quatre faces faisant entre elles l'angle des faces *m* (110) $(1\bar{1}0)$ de la bournonite, aucun doute n'est plus possible : c'est bien à la bournonite qu'il faut rapporter le minéral noir de Peychagnard.

Dans l'étude cristallographique qui va suivre, j'adopterai les paramètres habituels de la bournonite, ceux de Miller, Hessenberg, Kokscharow, Groth, Dana et Miers, savoir :

$$a : b : c = 0{,}938 : 1 : 0{,}897.$$

La face *p* (001) est perpendiculaire à l'axe *c*; la face g^1 (010) à l'axe *b*; la face h^1 (100) à l'axe *a*. Ce sont les conventions habituelles.

Pour chaque face, je donnerai simultanément le symbole dans le système à trois caractéristiques (système de Miller avec les conventions ci-dessus), et dans le système Lévy-Des Cloizeaux. J'ajouterai, pour les faces déjà connues, le symbole adopté par Miers dans son travail d'ensemble sur la bournonite [1].

Formes observées.

J'ai observé avec certitude les formes suivantes :

Pinacoïdes :	(001) = *p*	= *c*	(Miers)
	(010) = g^1	= *a*	(Miers)
	(100) = h^1	= *b*	(Miers)

(1) Miers. — *Mineralogical Magazine*, 1884, 6, p. 59.

Prismes :	(110)	$= m$	$= m$ (Miers)
	(310)	$= h^3$	$= \eta$ (Miers)
	(210)	$= h^2$	$= e$ (Miers)
	(950)	$= h^{7/2}$	forme nouvelle
	(380)	$= g^{11/5}$	forme nouvelle
	(140)	$= g^{5/3}$	$= \Phi$ (Miers)
Protopyramide :	(334)	$= b^{2/3}$	$= \chi$ (Miers)
Brachypyramides :	(568)	$= b^{1/11}b^1g^{1/5}$	forme nouvelle
	(134)	$= b^{1/3}b^1g^{1/2}$	ou $e_{1/3}$ face r de Miller
Macropyramide :	(11.3.4)	$= b^{1/7}b^{1/4}h^{1/2}$	forme nouvelle
Brachydômes :	(034)	$= e^{4/3}$	forme nouvelle
	(032)	$= e^{2/3}$	forme nouvelle
Macrodôme :	(203)	$= a^{3/2}$	$= h$ (Miers)

Il y a là six formes qui, à ma connaissance, n'ont été jusqu'ici signalées par aucun minéralogiste, savoir :

Deux prismes :	(950)	$= h^{7/2}$
	(380)	$= g^{11/5}$
Une brachypyramide :	(568)	$= b^{1/11}b^1g^{1/5}$
Une macropyramide :	(11.3.4)	$= b^{1/7}b^{1/4}h^{1/2}$
Et deux brachydômes :	(034)	$= e^{4/3}$
	(032)	$= e^{2/3}$

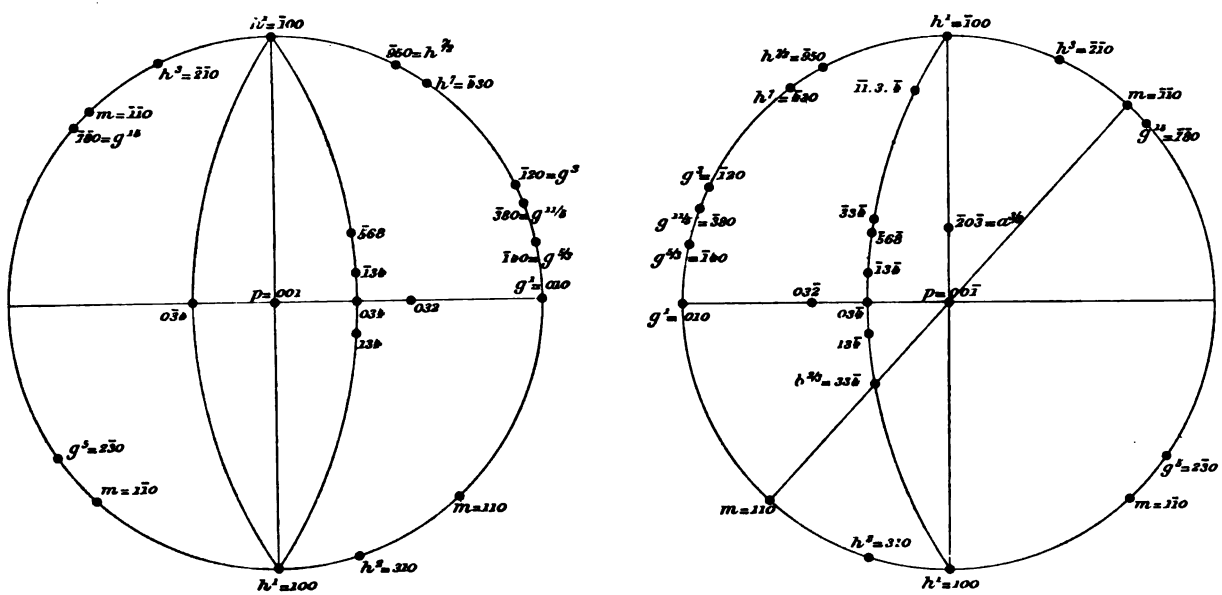
A ces seize formes, dont l'existence, dans la bournonite de Peychagnard est, comme on le verra par le tableau des angles, absolument certaine, il faut ajouter les quatre prismes suivants, dont l'existence est simplement probable :

(430)	$= h^7$	$= \theta$ (Miers)
(780)	$= g^{15}$	
(120)	$= g^3$	$= f$ (Miers)
(230)	$= g^5$	$= \alpha$ (Miers)

Le prisme (780) g^{15} n'a jamais été signalé.

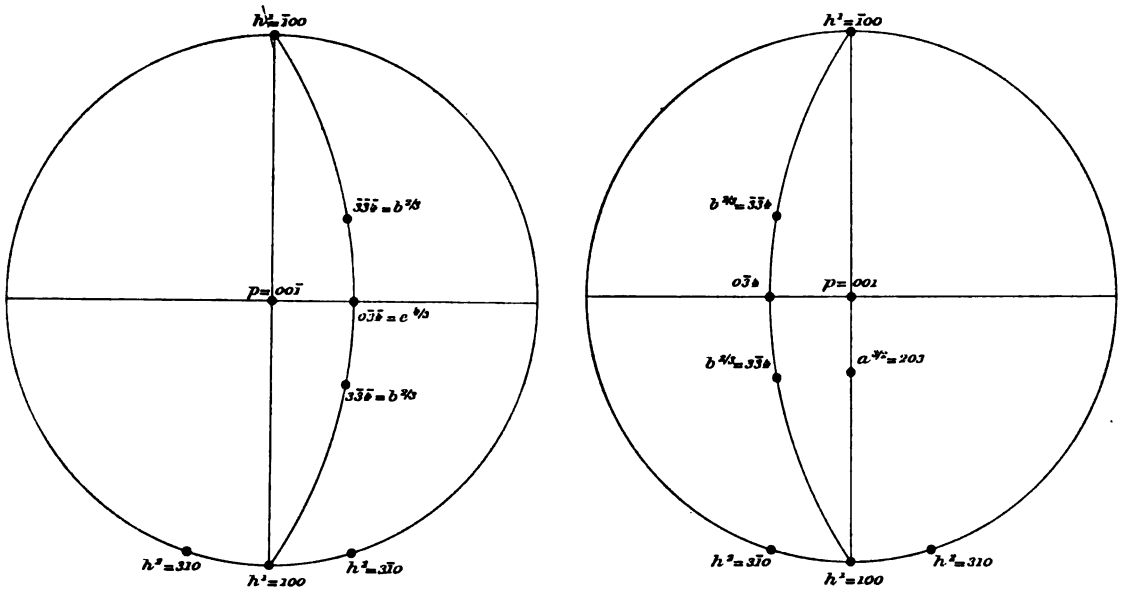
Voici le tableau indiquant, pour ces vingt formes, la correspondance des angles calculés et des angles observés (angles des normales) :

Formes.	Angle calculé.	Angle observé.
(110) (100) $= mh^1$	43°10′	43° 2′ (moyenne)
(950) (100) $= h^{7/2}h^1$	27°31′	27°35′
(380) (950) $= g^{11/5}h^{7/2}$	40°42′	40°48′
(568) (001) $= b^{1/11}b^1g^{1/8}$ avec p	42° 5′	42° 2′
(568) (100) $= b^{1/11}b^1g^{1/8}$ avec h^1	63°28′	63° 5′
(568) (203) $= b^{1/11}b^1g^{1/8}$ avec $a^{3/2}$	30° 5′	29°15′ (images multiples)
(568) (950) $= b^{1/11}b^1g^{1/8}$ avec $h^{7/2}$	51°18′	51° 8′
(568) (034) $= b^{1/11}b^1g^{1/8}$ avec $e^{4/3}$	26°32′	de 26° 0′ à 26°55′
(034) (001) $= e^{4/3}p$	33°56′	33°36′ (moyenne)
(032) (001) $= e^{2/3}p$	53°23′	52°48′ (p très mauvais)
(203) (001) $= a^{3/2}p$	32°31′	32°28′
(203) (950) $= a^{3/2}h^{7/2}$	61°28′	60°57′
(210) (100) $= h^3h^1$	25° 8′	25°30′
(334) (100) $= b^{3/3}h^1$	59°14′	59°16′
(11.3.4) (100) $= b^{1/7}b^{1/4}h^{1/2}$	24°37′	24°49′
(134) (568) $= e_{1/2}$ avec $b^{1/11}b^1g^{1/8}$	15°19′	14°37′
(334) (310) $= b^{2/3}h^2$	50°52′	50°59′
(310) (100) $= h^2h^1$	17°22′	17°54′
(430) (100) $= h^7h^1$	35° 7′	34°37′
(120) (010) $= g^2g^1$	25° 8′	25°50′
(380) (100) $= g^{11/5}h^1$	68°13′	68°48′
(140) (010) $= g^{5/3}g^1$	12°38′	12°44′
(780) (100) $= g^{15}h^1$	46°56′	46°57′
(230) (100) $= g^5h^1$	54°24′	56° 0′ (mauvaises images)



$h^1 = \bar{1}00$
$\bar{9}50 = h^{7/2}$
$h^7 = \bar{5}30$
$h^3 = \bar{2}\bar{1}0$
$m = \bar{1}\bar{1}0$
$\bar{7}\bar{5}0 = g^{15}$
$\bar{1}20 = g^3$
$\bar{3}80 = g^{11/5}$
$\bar{1}40 = g^{5/3}$
$g^1 = 010$
$\bar{5}68$
$\bar{1}34$
$p = 001$
$0\bar{3}4$
034
032
134
$g^5 = 2\bar{3}0$
$m = 1\bar{1}0$
$m = 110$
$h^2 = 310$
$h^1 = 100$
$h^1 = \bar{1}00$
$h^{3/2} = \bar{9}50$
$h^7 = \bar{5}30$
$\bar{1}1.3.\bar{5}$
$h^3 = \bar{2}\bar{1}0$
$m = \bar{1}\bar{1}0$
$g^{15} = \bar{7}\bar{5}0$
$g^3 = \bar{1}20$
$g^{11/5} = \bar{3}80$
$g^{5/3} = \bar{1}40$
$\bar{3}3\bar{5}$
$\bar{5}6\bar{8}$
$\bar{1}3\bar{5}$
$\bar{2}0\bar{3} = a^{3/2}$
$03\bar{2}$
$p = 00\bar{1}$
$g^1 = 010$
$03\bar{5}$
$13\bar{5}$
$h^{2/3} = 33\bar{5}$
$g^5 = 2\bar{3}0$
$m = 1\bar{1}0$
$m = 110$
$h^2 = 310$
$h^1 = 100$

Cristal I.



$h^1 = \bar{1}00$
$\bar{3}\bar{3}\bar{b} = b^{2/3}$
$p = 00\bar{1}$
$0\bar{3}\bar{b} = e^{b/3}$
$3\bar{3}\bar{b} = b^{2/3}$
$h^2 = 310$
$h^1 = 100$
$h^2 = 3\bar{1}0$
$h^1 = \bar{1}00$
$b^{2/3} = \bar{3}\bar{3}b$
$0\bar{3}b$
$p = 001$
$b^{2/3} = 3\bar{3}b$
$a^{3/2} = 203$
$h^2 = 3\bar{1}0$
$h^1 = 100$
$h^2 = 310$

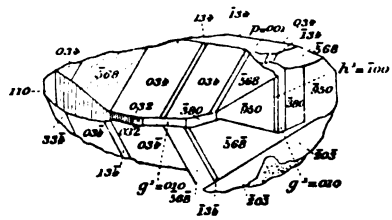
Cristal II.

Pour ces derniers angles, comme d'ailleurs pour toute la zone verticale, les observations sont très incertaines, à cause du striage des faces. Il existe, dans cette zone verticale, bien d'autres faces que celles que j'ai citées, mais dont les symboles n'ont pu être déterminés avec une précision suffisante.

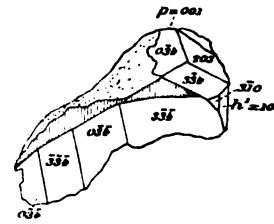
Les pinacoïdes donnent aussi de très mauvaises images. Les faces les plus planes et les plus miroitantes sont (334), (568), (950), (380), (310), (034), (032), c'est-à-dire précisément les faces appartenant à des formes nouvelles ou rares de la bournonite.

Monographie de deux cristaux.

Parmi les échantillons, déjà assez nombreux, qui m'ont été remis, je décrirai sommairement deux cristaux tout à fait remarquables par le développement et l'éclat de leurs faces. On trouvera, dans les figures ci-jointes, leur représentation exacte (dessin exécuté par M. Richard).



Cristal I.



Cristal II.

Outre la zone du prisme, qui est la zone habituelle de la bournonite, il existe ici (comme dans tous les échantillons de Peychagnard) une zone spéciale, qui est la caractéristique des cristaux de ce gisement. C'est la zone h^1b^{28} ou (100) (334) dont l'axe a pour symbole [0$\bar{4}$3], et qui comprend le dôme $e^{1/3}$ (034).

Le cristal I, long de $2^{cm}5$, est coupé en deux parties à peu près égales par un clivage h^1 $(\bar{1}00)$. Il présente un développement anormal, par gradins ou escaliers, mais sans macles. La face p (001) est petite et mal dressée. Dans la zone du prisme, la plus belle face est $(\bar{9}50)$ $h^{7/2}$. Dans la zone $[0\bar{4}3]$, il y a deux faces $\bar{5}68)$ et (034) qui, avec leurs symétriques $(\bar{5}6\bar{8})$ et $(03\bar{4})$, sont les plus grandes et les plus éclatantes de tout le cristal. Les faces (134) sont très étroites. Quelques-unes de ces faces sont striées parallèlement à l'axe de zone.

Dans la zone [043], symétrique de la précédente, la face $(\bar{5}6\bar{8})$ est un peu cylindrique et le plan tangent à cette face oscille entre les positions extrêmes $(\bar{5}6\bar{8})$ et $(\bar{3}3\bar{4})$, la plus grande étendue correspondant toutefois à $(\bar{5}6\bar{8})$. De l'autre côté du dôme $(03\bar{4})$, c'est la protopyramide $(33\bar{4})$ qui reparaît, et non pas la brachypyramide $(56\bar{8})$. Les faces sont moins planes et plus striées que dans la zone $[0\bar{4}3]$, *mais elles sont toujours parfaitement en zone.* Le choix de la zone a été très net et sans aucune hésitation, de la part de la substance : mais il est visible que le choix des divers plans de la zone, sauf celui de (100) et de $(03\bar{4})$, lui a été à peu près indifférent. C'est analogue à ce que l'on sait depuis longtemps pour la zone verticale.

Le dôme $(\bar{2}0\bar{3})$ $a^{3/2}$ est très développé, mais moins bien dressé que (034).

Une grande partie du cristal est brisée et manque. C'est ce qui explique, dans les épures, l'apparente dissymétrie des faces de la zone du prisme.

Le cristal II est un peu plus petit (environ 2^{cm}). La zone du prisme y est extrêmement réduite et ne montre qu'une seule facette bien nette, qui est h^2 $(3\bar{1}0)$. La zone dominante est la zone $[04\bar{3}]$, qui comprend de très belles faces $(0\bar{3}\bar{4})$, $(\bar{3}\bar{3}4)$ et $(\bar{3}\bar{3}\bar{4})$. La zone symétrique par rapport au

plan horizontal existe aussi, mais moins développée. Des quatre faces de la protopyramide b^{23}, deux sont un peu cylindriques, avec tendance vers la brachypyramide $(5\bar{6}\bar{8})$. Mais la plus grande étendue de ces faces cylindriques correspond réellement à la protopyramide. On n'observe pas ici les stries parallèles à l'axe de zone qui sont si fréquentes sur le cristal I. Les formes (134) et (11.3.4) n'apparaissent pas.

La moitié environ du cristal est brisée et manque. Par le côté qui correspondrait au plan g^1 $(0\bar{1}0)$, le cristal adhérait à une gangue de dolomie et quartz, avec fragments de grès houiller et mouches de galène.

Les autres cristaux que je possède sont, pour la plupart, extrêmement petits et difficiles à séparer de la gangue. Tous montrent la même prépondérance des formes de la zone $[0\bar{4}3]$. La forme e^{43} (034) y domine, avec une pyramide qui est, soit (334), soit (568).

Au cours de cette étude, j'ai pu amplement vérifier, comme l'a fait l'an dernier M. Peck [1], que la symétrie de la bournonite est réellement et exactement orthorhombique.

M. A. Lacroix signale l'abondance de la lawsonite comme élément des gabbrios saussuritisés et de certains schistes à glaucephane de Corse; une note sur ce sujet paraîtra dans le prochain *Bulletin*.

(1) F.-B. Peck. — *Zeitsch. für Krystallographie*, 27, 1896.

Le Secrétaire, gérant, P. GAUBERT.

PARIS — IMPRIMERIE CHAIX (SUCC. B), 5, RUE DE LA SAINTE-CHAPELLE. — 12-97.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE

ANNÉE 1897. — BULLETIN N° 3.

Compte rendu de la séance du 11 mars 1897.

PRÉSIDENCE DE M. TERMIER.

M. TERMIER fait une communication sur la cinabre et l'onofrite de Ouen-Shan-Tchiang.

Elle sera publiée dans le prochain *Bulletin*.

M. F. PISANI présente des cristaux de calcite de Joplin (Missouri).

Ces calcites en grande partie transparentes, d'un jaune doré, se présentent en cristaux gigantesques dont quelques-uns ont de 5 à 6 kilos de poids. Le scalénoèdre ordinaire d^2 y domine, mais il y a ordinairement des modifications au sommet parmi lesquelles le rhomboèdre inverse b^1, le rhomboèdre primitif et l'isocéloèdre b^2. Le centre des cristaux est souvent coloré en violet, ce qu'on voit bien dans les faces de clivage.

Sur des cristaux plus petits que je présente à la Société,

les sommets sont beaucoup plus nets et on distingue parfaitement sur l'une les faces $d^3d^4pb^{7/2}b^2b^1e^{3/2}$ sur un autre on a $d^2pb^{7/2}b^2b^6$. Les faces b^1 sont très brillantes et celles du rhomboèdre p et des autres faces assez ternes.

Sur la brushite et la métabrushite.

Par M. A. Lacroix.

On a décrit dans le guano de diverses localités et plus récemment dans les produits de cavernes, deux hydrates du phosphate bicalcique : l'un à $4H^2O$, la *brushite* ($2CaO, H^2O, P^2O^5 + 4H^2O$) ; l'autre à $3,5\ H^2O$, la *métabrushite* ($2CaO, H^2O, P^2O^5 + 3,5\ H^2O$). Ces minéraux se présentent rarement en cristaux distincts et il paraît régner quelque incertitude sur la question de savoir si ces deux espèces n'en constituent pas une seule et unique.

Depuis plusieurs années, je recueille des documents sur cette question, j'ai différé jusqu'à présent leur publication espérant toujours pouvoir me procurer de meilleurs échantillons. La découverte que j'ai faite récemment d'un curieux gisement de métabrushite dans le sol de Paris, m'engage à donner dès aujourd'hui les résultats acquis de mes recherches. Je m'occuperai tout d'abord des conditions de ce nouveau gisement.

Au mois d'août 1896, des travaux de voirie, exécutés à Paris dans la rue de Béarn, sur l'emplacement de l'église de l'ancien couvent des Minimes (dite de la *place Royale*), ont mis à découvert deux cercueils de plomb datant de l'année 1630. Ils ont été transportés au musée Carnavalet, où, grâce à l'obligeance de M. le Dr Robinet, j'ai pu examiner leur contenu.

L'un d'eux renfermait un squelette assez intact ayant encore conservé ses cheveux. Il ne présente que peu d'intérêt au point de vue minéralogique. Je n'y ai observé en effet qu'un petit nombre de sphérolites, tous disposés *à l'intérieur du crâne*. A la place de l'abdomen, j'ai recueilli au milieu de débris pulvérulents, quelques petits nodules d'une substance blanche, à aspect farineux, dont il sera question plus loin.

Le second cercueil renfermait un squelette plus altéré qui, malheureusement, a été mis en pièces pendant le transport. Plusieurs os longs, un des os iliaques sont recouverts d'un enduit de paillettes blanches cristallines; la cavité du crâne est transformée en une magnifique géode (brisée), tapissée de cristaux blancs aciculaires, groupés en rosettes et atteignant 8^{mm} de plus grande dimension. Leur disposition dans le crâne est assez régulière : on sait que la paroi crânienne comprend trois espèces, l'extérieure et l'intérieure (plan externe et plan interne) sont à tissu très serré; la médiane (diploé), au contraire, est formée par de larges cellules. Le plan interne est fissuré, soulevé, et c'est sur ces débris que sont implantés les cristaux. Le diploé est plus ou moins complètement transformé, ses larges cellules ayant permis le développement facile du minéral qui parfois l'imprègne complètement; enfin, le plan externe est, par places, lui-même recouvert de cristaux.

La substance qui constitue ceux-ci est un hydrate du phosphate bicalcique. J'ai cherché à isoler une petite quantité de substance pure à l'aide d'un mélange d'iodure de méthylène et d'éther; malheureusement, il est impossible de débarrasser complètement le minéral de fragments organiques; aussi, lorsqu'on le calcine, celui-ci dégage-t-il une odeur fétide, puis il noircit pour ne redevenir blanc

qu'à la température du rouge. La perte par calcination a été de 25,50 0/0, se rapprochant plus, par suite, de celle de la *brushite* qui renferme 26,2 0/0 d'eau, que de celle de la *métabrushite* qui en contient 22,1 0/0; mais, si l'on tient compte de l'impureté de la substance étudiée, on est conduit à admettre que le minéral en question contient nécessairement moins d'eau que la brushite et qu'il appartient plutôt à la métabrushite.

Cette opinion est du reste confirmée par la densité. En effet, Dana donne 2,208 pour la densité de la brushite, et 2,288 à 2,362 pour celle de la métabrushite. Or, la densité d'un cristal limpide et pur de Paris, prise dans la solution d'iodure de méthylène, a été trouvée de 2,31; celle de la métabrushite (1) des îles Sombrero, mesurée en même temps, était de 2,30, et celle des îles des Oiseaux de 2,33.

Les lamelles micacées observées sur un os du bassin, ainsi que les produits pulvérulents recueillis dans le premier cercueil, paraissent appartenir à la même substance, dont ils constituent des variétés cryptocristallines.

On peut se demander quelles sont les réactions qui ont donné naissance à cet intéressant minéral, qui a été trouvé rarement dans quelques gisements de guanos des Antilles.

M. Armand Gautier a observé dans la grotte de Minerve (Aude), une curieuse couche, essentiellement constituée par de la métabrushite (2) associée à la *minervite;* il a expliqué sa production par la transformation des organes mous d'animaux dont on trouve les ossements intacts au-dessus

(1) Cet échantillon consiste en un petit fragment de cristal ayant environ 1mm de côté, qui a été donné à M. Des Cloizeaux par M. Julien, l'auteur de la description de la *métabrushite.*

(2) *Ann. des Mines*, janvier 1894. Ce minéral, déduction faite des impuretés, renferme une quantité d'eau (23,36 en moyenne), intermédiaire entre celle de la brushite et de la métabrushite, mais se rapprochant davantage de celle de ce dernier minéral.

de la couche phosphatée. Sous l'influence de ferments oxydants, ces matières organiques auraient donné naissance, entre autres produits, à du phosphate biammoniacal qui, entraîné par les eaux au contact du calcaire sous-jacent, aurait par substitution permis le dépôt du phosphate bicalcique cryptocristallin. Ce mode de formation a été probablement réalisé dans les gisements de guano qui renferment la métabrushite et la brushite. Dans ceux de la mer des Antilles, ces phosphates se trouvent en effet non seulement dans les cavités du guano, mais encore dans les calcaires coralliens que recouvre celui-ci.

Il est probable qu'une réaction de ce genre est intervenue pour donner naissance aux cristaux que j'étudie; mais ici, le cadavre, conservé en vase clos, a fourni lui-même tous les éléments nécessaires à la minéralisation : ce sont les os qui ont donné la chaux (et sans doute aussi une partie de l'acide phosphorique). Il semble probable que la décomposition de la matière cérébrale a joué un rôle particulièrement intense dans ces réactions chimiques; on constate en effet, que c'est à l'intérieur de la cavité crânienne que se sont produits la plupart des cristaux et les cristaux de plus grande taille [1]. Ceux qui se trouvent à la partie externe du crâne sont toujours moins nombreux et plus petits; leur présence est généralement liée à quelque fêlure de la boîte osseuse et on les voit parfois se grouper sur les bords d'une fissure de celle-ci, ayant permis un suintement venant de l'intérieur.

J'ai pu établir l'identité des propriétés optiques des cristaux, qui font l'objet de cette note, avec ceux du phosphate de chaux trouvé dans une fouille par l'abbé Ducrost, à la

(1) Dans le premier cercueil, les cristaux ne se trouvent qu'à l'intérieur du crâne.

surface d'un tibia humain du gisement préhistorique de Solutré (Saône-et-Loire) [1], et signalé par M. Gonnard.

Ce qui donne un intérêt spécial à mon observation, ce sont les conditions très précises dans lesquelles s'est effectuée la cristallisation de la métabrushite. Elles ne permettent pas de douter que l'on se trouve en présence d'un cas d'*autominéralisation*, l'intervention d'aucune substance extérieure au cadavre ne pouvant être invoquée pour expliquer la formation des cristaux étudiés.

L'étanchéité du cercueil de plomb, rendant possible le contact, longuement prolongé et sans doute sous pression, du squelette et des produits de la décomposition cadavérique, a permis ainsi entre eux de mutuelles réactions chimiques. Il serait intéressant de chercher, par l'étude du contenu d'autres cercueils de plomb, si le phénomène qui nous occupe est général.

Revenons maintenant aux propriétés optiques de la métabrushite, les échantillons que j'ai étudiés proviennent des localités suivantes : Paris, Solutré, Antilles (îles des Oiseaux et Sombrero). Je ne cite que pour mémoire la métabrushite farineuse de Minerve que je dois à l'obligeance de M. A. Gautier et dont les cristaux sont trop petits pour se prêter à des mesures optiques précises.

Le plan des axes optiques est perpendiculaire à g^1(010), de même que la bissectrice obtuse *positive*. Dans g^1, la bissectrice aiguë *négative* fait avec les traces de p(001) un angle de 25° environ (Paris) dans l'angle aigu de ph^1(001)(100). Ces propriétés optiques sont tout à fait identiques avec celles de la pharmacolite naturelle (Des Cloizeaux) ou artificielle (M. Dufet) [2], dans laquelle la bissectrice aigüe fait

(1) *Bull. Soc. Min.*, XII, 464, 1889.

(2) *Bull. Soc. Min.*, XI, 187, 1888.

avec p un angle de 29°. L'écartement des axes optiques est aussi très voisin de celui de ce dernier minéral, en effet, l'angle $2V_a$ déduit de la mesure de l'angle $2d$ autour de la bissectrice obtuse (rayons jaunes), en admettant pour n_m la valeur 1,59 est de :

$2V_a = 79°$ Iles des Oiseaux,
$2V_a = 81°$ Paris,
$2V_a = 84°$ Ile Sombrero,
$2V_a = 87°$ Solutré,

alors que M. Dufet a mesuré pour la raie D $2V_a = 79°24'$ dans la pharmacolite artificielle.

En résumé, on voit que les propriétés optiques qui viennent d'être décrites sont les mêmes dans tous les cristaux étudiés et sauf une petite variation dans l'écartement des axes optiques elles sont identiques à celles de la pharmacolite, ce qui plaiderait en faveur de la formule $2CaO, H^2O, P^2O^5 + 4H^2O$; c'est-à-dire de celle de la brushite. D'autre part, cependant, le dosage de l'eau dans le minéral de Paris, la densité dans les cristaux de Paris et des Antilles, parmi lesquels se trouve le cristal original de Julien, feraient penser plutôt à la formule de la métabrushite.

Peut-être les deux hydrates existent-ils et possèdent-ils des propriétés optiques à peu près identiques; ce sont celles-ci que j'ai cherché à établir : il faut espérer que les possesseurs de cristaux nets de ces minéraux jugeront la question assez intéressante pour reprendre cette étude en l'accompagnant de dosages rigoureux.

Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer qu'il existe dans l'histoire de la pharmacolite quelque incertitude analogue à celle que je viens d'exposer pour le phosphate bicalcique.

M. Dufet a montré en effet[1] que les beaux cristaux qu'il a reproduits et décrits ont pour formule $2CaO, H^2O, P^2O^5 + 4H^2O$, ce qui exige 20,83 0/0 d'eau; ces cristaux sont identiques au point de vue cristallographique et optique avec ceux de la pharmacolite naturelle [2], mais ces derniers renferment toujours plus d'eau, environ 24 0/0, ce qui leur donnerait pour formule $2CaO, H^2O, As^2O^5 + 5H^2O$.

Matériaux pour la minéralogie de la France.

Par M. A. Lacroix.

XXXIII [1]. — *Cinabre de Réalmont (Tarn).*

Dans une excursion faite en octobre dernier avec M. Brémond, nous avons visité une ancienne recherche de mine de mercure faite à environ 800 mètres de la sortie du bourg de Réalmont, sur la route d'Albi; le produit recherché était le cinabre. Ce minéral se trouve dans des minces filonnets de quartz qui coupent des schistes micacés paléozoïques. Il constitue de belles masses cristallines très pures, d'où l'on peut extraire des lames de clivages translucides. Ce cinabre est intimement mélangé à des cristaux limonités de pyrite qui lui sont antérieurs.

Le gisement de Réalmont est le seul qui, dans la France continentale, donne du cinabre massif cristallin. Les recherches de Pellancon, de Saint-Arey près la Mure et de la montagne de Prunières, dans l'Isère, ne fournissent en effet que des masses pulvérulentes imprégnant de la blende altérée. Quant à la mine de Menildot, près Saint-Lô

(1) Voir *Bull. Soc. Min.*, XVII. 36. 1892.
(2) Des Cloizeaux, id., 192.

(Manche), exploitée à la fin du siècle dernier, elle n'a produit que des quartzites imprégnées de cinabre.

XXXIV. — *Kaolinite cristallisée de Saint-Mary-le-Plain (Cantal).*

Les environs de Massiac sont riches en filons de stibine coupant les micaschistes. Plusieurs d'entre eux ont été exploités près de Saint-Mary-le-Plain. La stibine de ce dernier gisement se présente parfois dans des géodes en grands cristaux enchevêtrés dont les interstices sont remplis par de la kaolinite. Tandis que dans la plupart de ses gisements le kaolin est formé de petits éléments dont la cristallinité n'est visible qu'au microscope à de forts grossissements, à Saint-Mary-le-Plain, au contraire, il est facile de voir, même sans le secours d'une loupe, la cristallinité du minéral qui fait l'objet de cette note.

J'ai pu aisément obtenir cette kaolinite à l'état de pureté parfaite, grâce aux échantillons que je dois à l'obligeance de M. Bouhard. Pour purifier ce minéral, j'ai employé le vieux procédé de la lévigation, préconisé par Cordier. Le kaolin a été mis en suspension dans l'eau : des décantations successives, suivant des repos plus ou moins prolongés, ont permis de séparer des fragments de stibine des grains de quartz, des paillettes de biotite altérée riches en petites aiguilles de rutile, etc.

Ainsi purifiée, la kaolinite se montre sous la forme d'une poudre cristalline formée par de petites paillettes hexagonales *p* (001), *m* (110), g^1 (010), généralement allongées suivant une arête pg^1 (001) (010). Elles se groupent fréquemment, suivant la loi des micas, formant des étoilements à six branches.

La poudre, montée dans le baume de Canada, permet de voir des lames couchées sur g^1 (010) ; elles offrent une extinction se faisant à 15° ou 20° de la trace de p (001). Le plan des axes optiques est perpendiculaire à g^1 (010) et les axes très écartés autour la bissectrie aiguë *négative* oblique sur le clivage p. La biréfringence est faible.

Toutes ces propriétés sont celles de la kaolinite normale. L'analyse montre que la composition correspond à la formule théorique Al^2O^3, 2 SiO^2, 2 H^2O. La perte d'eau est exactement de 14,01 0/0.

Sur l'existence de l'ouwarowite dans l'île de Skyros.

Par M. A. Lacroix.

On sait qu'à la suite de l'expédition de Morée, une mission scientifique française fut chargée d'étudier la Grèce continentale et les îles qui en dépendent. Les géologues attachés à cette mission, Puillon de Boblay et Virlet d'Aoust, ont rédigé un intéressant volume (1) sur le résultat de leurs recherches et déposé au Muséum d'Histoire naturelle une importante collection de roches. Celle-ci est aujourd'hui conservée dans le service de géologie, où j'ai pu y faire des recherches, grâce à l'obligeance de mon collègue, M. Stanislas Meunier. J'y ai trouvé sur un échantillon de chromite un intéressant minéral.

Cet échantillon provient de l'île de Skyros (plaine au sud-ouest de Saint-Georges), l'une des Sporades ; il a été recueilli par Virlet d'Aoust dans une masse de serpentine. La chromite est à gros grains, elle est traversée par des

(1) *Expédition scientifique de Morée*, II. 1833.

veinules de serpentine jaunâtre, dans laquelle sont disséminés de petits grains ou de petits rhombododécaèdres d'un beau vert émeraude. Ils sont transparents et constitués par de l'ouwarowite possédant toutes les propriétés caractéristiques de ce minéral.

Ce genre de gisement est tout à fait analogue à celui de Bissersk, dans l'Oural, avec cette différence toutefois qu'à Skyros, l'ouwarowite se trouve dans la masse même de la chromite et ne tapisse pas de géodes. Ce minéral est assez rare pour qu'il m'ait paru utile d'en signaler un nouveau gisement qui mériterait d'être étudié à ce point de vue.

Sur des cristaux de calcite provenant du tunnel de Collonges (Rhône).

Par M. Ferdinand Gonnard.

Je dois à mon ami, M. Offret, communication d'un très beau groupe de cristaux de calcite provenant des travaux du percement du tunnel de Collonges, près de Lyon, et qu'il avait reçu de M. A. Falsan. Je viens donner de ces cristaux une courte description.

Ils présentent essentiellement la combinaison d'un rhomboèdre aigu, très dominant, et des faces du prisme d^1. Sur les arêtes culminantes de quelques-uns d'entre eux, on remarque les faces d'un second rhomboèdre, faces peu développées d'ailleurs. Si l'on cherche à produire des clivages sur le sommet de ces cristaux, on constate que les faces ainsi obtenues sont parallèles aux faces du second rhomboèdre ; celui-ci est donc le primitif, et le premier, celui qui le plus communément constitue ces cristaux, est un rhomboèdre inverse.

Ces cristaux, implantés sur leur gangue, ont une longueur de 10 à 25 millimètres. Les faces du rhomboèdre inverse sont assez unies, mais ternes et légèrement arrondies vers le sommet; celles du prisme sont creusées par une corrosion qui laisse les arêtes en relief. Enfin, celles du rhomboèdre primitif sont ternes et rugueuses.

J'ai trouvé pour le dièdre des arêtes culminantes de l'inverse environ la valeur de 68°, au goniomètre d'application. On en déduit 53°12′ pour l'angle plan du sommet.

En partant de 68° pour le dièdre de l'inverse, on arrive aux symboles suivants, savoir : $(0.10.\overline{10}.3)$ en notations Bravais ou, en notations Miller, $(13.13.\overline{17}) = e^{17/13}$. Mais, comme le rhomboèdre $e^{17/13}$ ne diffère de $e^{4/3}$ que de $\frac{1}{39}$, et vu d'ailleurs le mode de mesure imposé par l'état des faces, au symbole $e^{17/13}$ j'ai substitué celui plus simple $e^{4/3} = (33\overline{4})$.

Le dièdre calculé de $e^{4/3}$ est de 68°6′ et l'angle plan de 53°30′. Les angles de la section principale sont 31°19′ et 16°55′, soit ensemble 48°14′. Or, une mesure directe m'a donné 48° environ. L'accord est donc assez satisfaisant.

En résumé, les cristaux en question présentent la combinaison $pe^{4/3}d^1$ (avec, en plus, probablement e^3 très petit); elle est donc voisine de pe^1d^1 qu'Haüy désignait sous le nom d'inverso-émarginée. (Voir Atlas de son *Traité de Minéralogie*, pl. IX, fig. 58.)

Sur un chloro-aluminate de calcium hydraté se maclant par compression.

Par M. Georges Friedel.

En cherchant à réaliser par voie humide la synthèse des aluminates de calcium, j'ai obtenu plusieurs composés cristallisés nouveaux dont un, en particulier, a pu être

isolé et étudié complètement. Ses propriétés cristallographiques méritent d'être exposées avec quelques détails.

Il se produit lorsqu'on chauffe vers 400 à 500°, dans un tube d'acier doublé de platine, un mélange d'alumine précipitée, de chlorure de calcium et de chaux en présence d'un excès d'eau.

Ce mélange a été effectué dans un des essais directement, dans les proportions de 5gr de chaux vive, 6gr de chlorure de calcium fondu et 4gr d'alumine calcinée. On a obtenu en même temps que le chloro-aluminate en question, de petits cristaux tabulaires de corindon, et deux aluminates cristallisés qui n'ont pas encore été isolés. Cependant il a paru préférable d'employer une bouillie plus homogène formée par l'addition de chaux vive à une solution de chlorure d'aluminium. Un excès de chlorure de calcium est d'ailleurs favorable à la cristallisation.

Un mélange de 10gr de chlorure d'aluminium hydraté cristallisé (à 12 molécules d'eau) et de 6gr de chaux vive, donne à côté d'une certaine proportion de matière amorphe le chloro-aluminate seul. Avec 13gr de chlorure et 6gr de chaux, on reproduit les quatre espèces de la première opération ci-dessus. Avec 19gr de chlorure pour 6gr de chaux, il se fait très peu du chloro-aluminate, beaucoup de corindon et de diaspore.

Aucune de ces substances ne paraît pouvoir se produire, au moins dans les conditions où je me suis placé, à des températures notablement plus basses. En tube de verre scellé, à 180 ou 200°, je n'ai pu obtenir aucune cristallisation des mélanges indiqués ci-dessus.

Le chloro-aluminate se présente en lamelles hexagonales dont le contour extérieur est souvent irrégulier, tendres, assez friables, quoique présentant une flexibilité sans élasticité qui rappelle celle du talc. Souvent ces lamelles

atteignent un diamètre de plusieurs millimètres. On peut aisément les séparer par triage à la main.

La matière dégage de l'eau par calcination. Les acides la dissolvent facilement sans résidu. L'eau ne la décompose que par ébullition prolongée. Placée dans un dessiccateur, à froid, elle ne perd rien de son poids en 24 heures. Dans l'étuve, à 105°, elle perd lentement de l'eau, les cristaux restant parfaitement limpides, et la perte de poids s'arrête à 12,38 0/0 au bout de 24 à 36 heures. La température de l'étuve étant alors élevée à 175-180°, la perte d'eau n'augmente plus, bien que la déshydratation soit loin d'être complète. La matière reprend du poids lentement à l'air libre à froid; elle reprend l'eau éliminée.

Chauffée au rouge, la substance devient opaque, légèrement verdâtre ou bleuâtre, puis blanche quand la calcination a été prolongée. Elle perd d'abord rapidement 19 0/0 environ du poids initial, mais quand on continue la calcination au rouge intense, la perte de poids croît ensuite lentement, et à peu près de la même quantité à chaque calcination de même durée. L'augmentation de poids sur la balance est aussi plus rapide qu'après la perte des 12,38 0/0 d'eau du début. Il est évident que le changement de poids n'est plus ici dû au seul départ de l'eau; la décomposition des cristaux a mis en liberté du chlorure de calcium, qui s'oxyde lentement à la calcination en dégageant du chlore. On a arrêté la calcination après une perte totale de 36,07 0/0 du poids initial.

Après comme avant la calcination, la matière est dissoute aisément par l'acide azotique même étendu.

On y a dosé

6,52	de chlore	pour 100 du poids initial.
18,80	d'alumine	—
39,71	de chaux	—

Du chlore ayant été vraisemblablement perdu à la calcination, on a, sur une nouvelle portion de matière, effectué un dosage direct du chlore sans calcination préalable.

Résultat : 12,44 0/0 de chlore.

L'eau ne peut être déterminée que par différence, mais la calcination fournit néanmoins une vérification, le chlore restant ayant été dosé. Le calcul d'après le second dosage de chlore, par différence, donne 31,85 0/0 d'eau; d'après la calcination 31,48 0/0.

La composition est donc la suivante (I). Elle est représentée avec une exactitude très suffisante par la formule

$$Al^2O^3, 3CaO, CaCl^2, 6H^2O + 4H^2O$$

à laquelle correspondent les chiffres de la colonne II.

Je sépare les quatre molécules d'eau nettement distinctes des autres, qui s'éliminent avant 100° sans destruction du réseau cristallin et peuvent être reprises comme l'eau des zéolithes, et d'autre part les six molécules qui ne partent qu'au rouge, avec décomposition complète du réseau, et qui sont analogues à l'eau des sels hydratés. On peut remarquer que le chlorure de calcium cristallise précisément avec six molécules d'eau.

	I	II
CaO	39,71	39,93
Al^2O^3	18,80	18,18
Cl	12,44	12,65
H^2O totale	31,85	32,09
H^2O mobile	(12.38)	(12,84)
	102,80	102,85
O correspondant au Cl	2,80	2,85
	100	100

La densité, déterminée au moyen de l'iodure de méthylène, est de 1,892 à 14°.

Bien que le contour des lamelles, quand il est composé de lignes droites, soit exactement hexagonal régulier, l'examen en lumière polarisée montre que les cristaux n'appartiennent pas au système hexagonal. Chaque cristal apparaît alors comme composé d'un nombre plus ou moins grand de plages en forme de lozanges de 120° exactement, se touchant suivant des lignes très fines rigoureusement droites, et disposées suivant trois orientations distinctes à 120° les unes des autres. L'extinction se produit pour chaque plage suivant les bissectrices des angles du losange. Quand une série de plages est éteinte, les deux autres ont exactement même éclairement.

Les lignes séparatives des plages sont parallèles non aux diagonales mais aux apothèmes de l'hexagone limitant la lame entière. Elles sont disposées toujours de telle façon qu'à chaque sommet aboutissent trois plages d'espèce différente, en sorte que si l'on fait tourner le cristal entre les nicols croisés de manière à donner des éclairements différents aux trois séries de plages, on croit voir en perspective un entassement régulier de parallélépipèdes rectangles éclairé latéralement. Les photographies (pl. V) rendent bien compte de cette disposition.

La biréfringence est assez élevée. La direction d'extinction parallèle à la grande diagonale des lozanges, c'est-à-dire parallèle aux côtés de l'hexagone extérieur, est négative. Il semble donc, en lumière parallèle, que l'on ait affaire à une substance rhombique pseudo-hexagonale dont l'angle des faces *m* soit très exactement 120°.

Mais si l'on observe une lamelle à la loupe, en s'arrangeant pour que la lumière se réfléchisse à sa surface, on voit qu'elle n'est pas plane. L'illusion de relief observée

en lumière polarisée n'est pas tout à fait trompeuse; les plages de même espèce sont bien parallèles entre elles, et s'illuminent ensemble par réflexion, mais elles font avec celles des deux autres espèces un petit angle. La lame entière se compose d'une quantité de lamelles planes orientées dans trois directions, un angle dièdre saillant sur l'une des faces correspondant à un angle rentrant sur l'autre. En choisissant des lames composées d'un petit nombre de plages définies, j'ai obtenu au goniomètre de très bonnes images et des mesures bien concordantes. L'angle de deux plages contiguës est de 4°48′ (4°47′ à 4°50′).

D'autre part, l'examen en lumière convergente montre une bissectrice aiguë négative excentrée, la trace d'un seul des axes optiques étant visible dans le champ. Si l'on considère l'un des sommets où se rencontrent trois plages de 120°, formant un trièdre régulier saillant très aplati, la

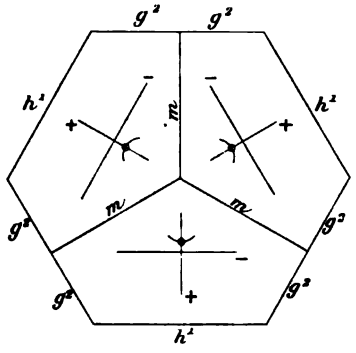


Fig. 1.

bissectrice de chaque plage s'écarte du sommet comme elle le ferait, si les plages étaient orthorhombiques, en vertu de leur disposition en trièdre. Mais elles sont bien clinorhombiques, car d'une part l'inclinaison de la bissec-

trice est manifestement supérieure à 4°48′ ; d'autre part on trouve assez facilement des lames qui ne comprennent qu'une seule orientation de plages : posées à plat, ces lames montrent encore une bissectrice excentrée, un peu moins seulement que lorsqu'elles font partie d'un cristal complexe. La figure 1 rend compte de l'orientation des trois séries de plages.

Le mode de groupement est donc le suivant : Trois cristaux clinorhombiques assez éloignés de la symétrie orthorhombique, mais dont les faces *m* font entre elles des angles de 120° exactement, s'accolent par ces faces *m*, les faces *p* faisant entre elles de petits angles de 4°48′, et l'ensemble étant limité extérieurement par les trois faces h^1 et par les trois faces g^2 communes à deux plages contiguës (en supposant, ce qui n'est pas vérifiable, que ces faces latérales soient dans la zone *mm*). On voit que trois des faces prismatiques extrêmes ne jouent pas le même rôle que les trois autres. L'ensemble n'a qu'un axe de symétrie ternaire. Ce mode de groupement n'a jamais été signalé, à ma connaissance du moins. Il présente ceci de particulier que les cristaux élémentaires n'ont qu'une zone pseudo-hexagonale. Quant à la forme extérieure hexagonale, on va voir qu'elle s'explique par ce fait qu'à la température où ils se sont formés les cristaux appartenaient réellement au système hexagonal (ou plus exactement au système rhomboédrique).

Mais ce qui rend surtout intéressant le nouveau composé ce sont les propriétés suivantes :

Quand on le chauffe doucement sur la platine du microscope, on voit l'édifice des plages biréfringentes disparaître subitement vers 36°. En lumière parallèle toute biréfringence disparaît. En lumière convergente on aperçoit un axe optique unique, négatif, normal à la lame, avec une

biréfringence très faible. Si l'on n'a pas chauffé trop au-dessus de 36°, en laissant le cristal se refroidir sur la platine on voit tout à coup les plages biréfringentes envahir la lame quand la température s'abaisse vers 36°, orientées toujours comme au début, mais occupant des positions différentes (les photographies 2, 3, 4 sont celles d'une même lame, 2 avant chauffage, 3 et 4 après deux chauffages et refroidissements successifs. On a choisi une lamelle de forme extérieure irrégulière afin qu'elle fût bien reconnaissable dans ses différents états. Le refroidissement s'est fait entre deux lames de verre. S'il a lieu dans un milieu plus conducteur, et lentement, les plages obtenues sont plus grandes.

J'ai déterminé par deux procédés la température de transformation : d'abord en plaçant une lame sur du mercure, et en évaluant la température au moyen d'un thermomètre plongé presque horizontalement dans le bain au voisinage de la surface. En observant la lamelle par réflexion, on voit tout à coup les petits angles qui strient sa surface disparaître et la lamelle devenir exactement plane à une température qui est très constamment de 35°,8'. Au refroidissement, il y a un certain retard à l'apparition des stries, et ce retard est variable. Quand le bain est tranquille, la température peut descendre jusqu'à 35° environ sans que la transformation s'opère. S'il est agité, le retard est moindre. D'autre part en fixant une lamelle à l'extrémité d'une tige quelconque au moyen d'un peu de cire, la plaçant ainsi au milieu d'un vase rempli d'eau, et en observant entre deux nicols croisés, j'ai retrouvé toujours le même chiffre 35°,8' à l'échauffement, et un retard plus nettement et plus facilement observable encore au refroidissement, la transformation ne se produisant parfois pas même à 34° à condition de ne pas agiter le liquide. Elle a lieu, si la tem-

pérature est inférieure à 35°8', dès que l'on imprime un mouvement au cristal. Le phénomène est tout à fait comparable à une surfusion, il a d'ailleurs été déjà signalé pour d'autres transformations analogues.

Si maintenant on examine les cristaux portés pendant quelque temps à l'étuve vers 80° ou 100°, ayant perdu tout ou partie des quatre molécules d'eau mobile, on voit que même à froid ils restent uniaxes et plans, les plages biréfringentes ne se reforment plus. La biréfringence n'est d'ailleurs guère plus forte que lorsque le cristal n'a pas perdu d'eau, mais elle est bien nette, l'axe optique négatif subsiste, la substance peut perdre quatre molécules d'eau sans cesser d'être cristallisée comme elle l'est à 36 ou 37°. Cette eau est comparable à celle des zéolithes, et il est peut-être intéressant de remarquer qu'un aluminate peut se comporter en cela comme les silico-aluminates.

De plus, comme celle des zéolithes, cette eau peut être reprise par un séjour assez prolongé à l'air humide. Si l'on abandonne les cristaux pendant un jour ou deux à l'air, on voit d'abord se former sur les bords des lames une bordure continue biréfringente, suivant les contours extérieurs, nettement séparée de la partie obscure, sans transition. Ces bordures se divisent par de fines lignes droites en plages semblables à celle du cristal intact, s'éteignant dans trois directions à 120°. On les voit croître peu à peu, puis envahir tout le cristal, assez rapidement s'il est mince, au bout de plusieurs jours seulement s'il est plus épais. A ce moment le poids est revenu à sa valeur initiale.

Ainsi, chauffé à 35°,8', le cristal devient subitement ternaire, la lamelle devient plane (je dis ternaire et non hexagonal, car dans la transformation inverse, les six côtés de l'hexagone extérieur reprennent trois par trois leurs rôles respectifs, sans interversion, ce qui indique qu'ils ne jouent

pas le même rôle dans le cristal uniaxe). Et ceci a lieu sans perte d'eau, sans changement de composition, car la transformation inverse est instantanée et se produit aussi bien dans une atmosphère sèche. Plus haut, au-dessous de 100°, il y a perte d'eau, le réseau restant intact et le cristal restant ternaire, mais au refroidissement il ne peut reprendre la forme clinorhombique que s'il a repris complètement les quatre molécules d'eau dont il a perdu tout ou partie.

Il m'a paru intéressant de rechercher si cette transformation, opérée à si basse température, présente les caractères d'une véritable transformation allotropique chimique, d'une modification du groupement et en particulier du nombre des molécules chimiques composant une molécule cristallographique, ou bien simplement d'une de ces transformations dont les théories de Mallard ont donné la clef, dues à une rotation des molécules cristallines autour de leur centre de gravité. Les premières sont caractérisées, semble-t-il, par une modification importante et brusque de la densité; celles du soufre ou du carbonate de chaux en sont le type. Les autres ne sont que la transformation d'un groupement macroscopique en groupement submicroscopique ou même moléculaire régulier.

C'est le cas de la boracite, de l'amphigène; il est tout à fait comparable aux passages (observables dans l'espace, sinon dans le temps) de la quartzine au quartz, du microcline à l'orthose, de la zoïsite à l'épidote, qui se font sans changement de densité.

On parvient assez facilement, après quelques tâtonnements, et en opérant dans un tube à essais bouché, plongé dans une masse d'eau assez grande, à réaliser un mélange d'iodure de méthylène et de benzène ayant la même densité que le chloro-aluminate vers 35°. La densité de la liqueur ne varie pas assez vite pour qu'une différence de

température de quelques dixièmes de degré suffise à déterminer l'ascension ou la chute rapide du cristal. Quand la température passe par le point de transformation 35°,8′, s'il y avait variation brusque de la densité, on s'en apercevrait immédiatement à la chute ou à l'ascension du cristal, car une différence d'une unité de la troisième décimale suffit à les déterminer nettement. Or on n'observe absolument rien de particulier à 35°,8′, ni à aucune autre température voisine. L'expérience, reprise un grand nombre de fois, a toujours donné le même résultat.

Je pense donc que l'on doit se représenter cette transformation comme celle de la boracite d'après Mallard. A 35°8′, les molécules prennent une mobilité assez grande autour de leurs centres de gravité pour s'orienter trois par trois (par exemple), chacune ayant l'une des orientations qu'ont les molécules des plages séparées au-dessous de 35°,8′.

L'ensemble est ternaire et on conçoit que la variation de densité soit nulle. Seulement ici il y a un certain déplacement des centres de gravité des molécules, puisque la lamelle s'aplatit.

On trouve une curieuse confirmation de cette mobilité des molécules et de la facilité avec laquelle elles passent de l'une à l'autre des trois positions d'équilibre qui leur sont propres dans l'observation suivante (photographies 5 et 6) :

Si, ayant posé un cristal à plat sur une lame de verre, sous l'objectif du microscope, on le recouvre d'une lamelle couvre-objet, et si, en continuant d'observer le cristal, on appuie légèrement à l'aide d'une pointe sur cette lamelle, on voit apparaître une foule de plages nouvelles, toujours dans la même ordonnance. Si l'effort exercé est faible, ces plages sont instables, quoique parfaitement délimitées par

des lignes droites ; elles reprennent l'orientation initiale quand on cesse d'appuyer. Si on a pressé un peu plus fort, elles se fixent définitivement dans la nouvelle position. Le changement se produit, d'ailleurs, aussi bien sur une lamelle composée d'une seule plage, qui se subdivise en une foule d'autres ayant les trois orientations. Il est identique à celui que produit un échauffement au-dessus de 36°, suivi de refroidissement. On conçoit seulement que la pression tende plutôt à aplatir les petits trièdres formés par les plages contiguës, et ait pour effet général de subdiviser les plages existantes en plages plus petites, tandis que la transformation à 36° peut donner des plages plus grandes que les plages initiales. Rien n'est plus curieux à observer sous le microscope que cette rotation brusque de 120° des molécules de toute une plage, et surtout cette sorte d'élasticité qui les fait revenir à leur position primitive quand le déplacement n'a pas été suffisant.

L'effort à exercer pour produire cette rotation est relativement faible. Il faut manier les lamelles avec précaution pour ne pas modifier leurs groupements intérieurs. En posant doucement une lame couvre-objet sur le cristal, on y fait souvent déjà apparaître de nouvelles plages.

Bien que la macle étudiée ici soit une hémitropie (réseaux symétriques) et non une pénétration par pseudosymétrie (réseaux se faisant suite), elle est en relation évidente avec la pseudosymétrie ternaire d'une zone.

Il est remarquable que la macle produite artificiellement dans ce cas diffère par un point important de celle de la calcite. Quand on produit, au moyen d'une lame de couteau, la macle b^1 du spath, on refoule successivement les plans réticulaires parallèles à b^1 de façon que les nœuds du réseau compris dans la partie mise en mouvement, placés primitivement sur le prolongement des rangées de

la partie fixe parallèles aux arêtes du rhomboèdre, viennent se fixer dans une position nouvelle sur des rangées symétriques des précédentes par rapport au plan de macle. Tous les points de la portion déplacée subissant ce même mouvement, la forme extérieure de cette portion est symétrique de celle de la portion restée immobile.

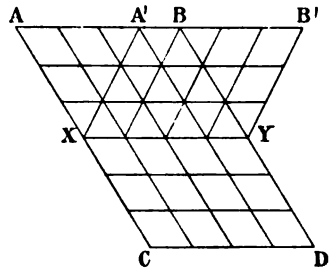


Fig. 2.

Supposons que le plan de la figure 2 soit celui d'une lame hexagonale du chloro-aluminate sur lequel les plages sont inclinées de 2°24', soit A B C D, la projection de l'une des plages, X Y la ligne parallèle à A B suivant laquelle se produit la macle. Comme le contour extérieur hexagonal de la lame ne change pas par la production des macles, il est évident que le déplacement des nœuds du réseau est normal au plan de la figure, et très petit d'ailleurs puisque l'angle de deux plages après macle est inférieur à 5°. Si tout se passait simplement comme dans le spath, nous aurions après macle deux plages A B X Y et C D X Y se projetant sur le plan de la figure suivant le même contour que la plage initiale A B C D, et faisant entre elles un angle de 4° 48'. Les réseaux seraient bien symétriques par rapport au plan de macle, perpendiculaire au plan de la figure et passant par X Y, mais non les formes extérieures des deux plages. Or, en fait, après macle, on observe des

plages dont les contours sont symétriques par rapport au plan X Y, par exemple A′ B′ X Y, C D X Y. Mais ici ce n'est plus, comme de la calcite, parce que les molécules de la rangée X A elles-mêmes sont venues se transporter sur la rangée X A′. Ce sont les molécules qui, dès le début, se projetaient sur X A' qui se projettent encore aux mêmes points et qui n'ont fait que se déplacer de peu normalement au plan de la figure, et tourner de 120° autour de leur centre de gravité. Le déplacement de X A en X A′ des plans limitant la plage maclée est donc un phénomène nouveau, qui ne se présente pas dans le cas d'une hémitropie simple comme celle de la calcite. Ce qui se produit dans un plan perpendiculaire à la ligne X Y, intersection des deux plages maclées, est bien identique à ce qui se passe dans la macle b^1 du spath. Mais le déplacement des limites des plages qui se produit dans le plan de lamelle, sans déplacement réel des molécules dans ce plan, est un phénomène d'un ordre tout différent, rendu possible par la pseudosymétrie ternaire du réseau de ce plan. La ligne X A' est dans le plan de la plage la limite du groupe A′ B′ X Y des molécules qui ont tourné de 120°. Celles qui sont à gauche ont d'ailleurs forcément pris l'orientation de la troisième espèce de plages, elles ont tourné de 120° dans l'autre sens.

Maintenant, si le déplacement des molécules normalement à la figure était nul au lieu d'être simplement très petit comme il est, si le cristal était une lamelle plane et sa forme réellement pseudohexagonale, les nœuds du réseau resteraient fixes, les molécules tournant de 120° autour de ces points. Les limites des plages se déplaceraient sans changement de la forme extérieure comme elles le font dans le plan des lamelles du chloro-aluminate. Si l'on n'a pas jusqu'ici observé la production mécanique de macles par pseudosymétrie, le corps en question, qui n'est

pseudoternaire que par une de ses zones, nous montre dans le plan normal à cette zone un phénomène identique. Dans le sens perpendiculaire, il se comporte comme la calcite. On le comprend de la manière la plus simple et la plus évidente si l'on prend pour point de départ les idées de Mallard sur la pseudosymétrie. Il n'est peut-être pas inutile de faire remarquer que la découverte d'un cristal réellement pseudosymétrique dont on pourrait déplacer les plages à volonté sans déplacement des nœuds du réseau. apporterait aux théories de Mallard, s'il en est encore besoin, une preuve définitive. Le cristal qui vient d'être décrit réalise presque ce *desideratum*. Le déplacement des molécules parallèlement à l'axe pseudoternaire est très petit, et le phénomène dominant consiste dans leur rotation de 120° autour de ce même axe.

Explications de la Planche V.

I. — Nicols croisés, l'une des séries de plages éteinte. Grossi 25 fois.

II, III, IV. — Nicols croisés. Grossi 25 fois. I, état primitif. II, III, après chauffage au-dessus de 36° et refroidissement.

V, VI. — Nicols croisés. Grossi 25 fois. V, état primitf. VI, après compression.

Recherches sur l'aimantation de la Magnétite cristallisée (1).

Par M. Pierre Weiss.

Introduction

Tous les corps, simples ou composés, se répartissent au point de vue de leurs propriétés magnétiques en deux classes. L'une, celle des corps fortement magnétiques ou ferromagnétiques, comprend les métaux de la famille du fer et un petit nombre de leurs composés, l'autre embrasse l'ensemble des autres corps, dont les propriétés magnétiques ou diamagnétiques sont incomparablement plus faibles.

De nombreuses recherches ont renseigné sur les propriétés magnétiques des cristaux faisant partie de cette deuxième classe si étendue. Leur aimantation est proportionnelle à l'intensité du champ qui la produit et obéit à la loi de l'ellipsoïde. Mais on ne sait presque rien, jusqu'à présent, sur l'aimantation des cristaux ferromagnétiques. Or parmi les corps du premier groupe se trouve l'oxyde de fer magnétique Fe^3O^4, qui existe dans la nature sous forme de cristaux du système cubique souvent volumineux. Je me suis proposé dans ce qui suit d'examiner l'influence de la symétrie cristalline sur les propriétés magnétiques de ce corps exceptionnel.

(1) Travail fait au laboratoire de physique de l'École normale supérieure, dirigé par MM. Violle et Brillouin. Le présent exposé est un résumé d'un mémoire paru dans l'*Éclairage électrique*, juillet 1896.

J'ai eu à ma disposition des cristaux de magnétite de six provenances différentes (1) :

1° Des octaèdres des États-Unis, de fort belle apparence, mais fissurés dans la masse ;

2° Des octaèdres de Binnen dans le Valais, dont les faces très lisses et brillantes présentaient la polyédrie caractéristique de macles ; dans l'intérieur, des discontinuités apparaissaient au polissage ;

3° Un cristal de magnétite cristallisée, de Suède, clivable en octaèdres, beaucoup moins attirable à l'aimant que les autres échantillons et certainement transformé partiellement en Fe^2O^3.

Je n'ai pu tirer aucun parti de ces cristaux ; les suivants, au contraire, remplissaient bien les conditions requises pour des mesures précises.

4° Octaèdres du Zillerthal, dans le Tyrol. L'un d'entre eux, mesurant deux centimètres de sommet en sommet, présentait des faces très régulièrement développées, un peu creuses, composées de petites facettes qui miroitaient toutes en même temps quand on faisait tourner le cristal, en l'éclairant par une source éloignée. On pouvait en conclure que l'orientation de la matière était bien uniforme dans toute son étendue. Une coupe mince, parallèle au plan des axes binaires et quaternaires, examinée au microscope polarisant, montrait une continuité très satisfaisante de la matière, interrompue seulement par de très rares et très petites inclusions étrangères.

5° et 6° Dodécaèdres des gisements classiques de Traver-

(1) Qu'il me soit permis d'exprimer ici ma reconnaissance à MM. Friedel, Hautefeuille, Lacroix, Wallerant, qui ont bien voulu mettre à ma disposition de beaux échantillons provenant des collections de l'École des Mines, de la Sorbonne, du Muséum et de l'École normale supérieure. Je n'oublierai pas mon maître M. Dufet, qui m'a témoigné constamment le plus bienveillant intérêt.

selle et de Brozzo, dans le Piémont. Toutes les faces de ces cristaux sont couvertes de stries parallèles à la grande diagonale du losange, dont la régularité garantit l'uniformité de l'orientation de la matière.

Plusieurs des échantillons dont j'ai disposé étaient d'une pureté et d'une homogénité très satisfaisante dans l'étendue de fragments de plusieurs centimètres, notamment un cristal de Brozzo que je dois à M. Lacroix et sur lequel a été faite la série la plus complète de mesures.

J'ai vérifié par des coupes microscopiques la pureté des échantillons de ces derniers gisements.

Dès les premières expériences je me suis aperçu que l'aimantation n'était pas la même pour les directions différentes par rapport aux axes cristallographiques, contrairement à ce qui a lieu pour les phénomènes optiques pour lesquels les cristaux cubiques sont isotropes. J'ai eu alors recours à deux procédés différents pour étudier les variations de l'aimantation avec la direction. D'abord, j'ai employé des prismes taillés suivant les directions des axes quaternaire, binaire et ternaire, sur lesquels j'ai pu déterminer avec précision les courbes représentant les valeurs que prend l'aimantation pour des champs variant dans des limites très étendues. Puis j'ai opéré sur des disques au moyen desquels j'ai étudié les valeurs de l'aimantation en fonction de la direction d'un champ extérieur de grandeur constante et d'orientation variable.

A. — Expériences sur les Prismes

1° *Principes de la méthode de mesure.*

Que les mesures d'aimantation soient faites par la méthode magnétométrique ou par la méthode balistique, leur principale difficulté réside dans la détermination du champ

résultant du champ extérieur et du champ démagnétisant produit par le corps lui-même. On a recours, pour la surmonter, à certaines formes particulières du corps telles que le tore, le cylindre très long par rapport à son diamètre ou l'ellipsoïde, pour lesquelles le champ démagnétisant est nul ou calculable.

Il était difficile, par suite de la petitesse des échantillons de magnétite, de se placer dans ces conditions. J'ai tourné la difficulté en modifiant la méthode balistique de façon à mesurer le champ directement, comme l'aimantation, par une impulsion du galvanomètre. Elle permet alors de se servir des baguettes relativement courtes que l'on peut tailler facilement dans les cristaux de magnétite par les procédés des opticiens.

Supposons que le corps aimanté et le champ magnétisant aient un plan de symétrie commun coupant normalement les lignes de force et la surface du corps et qu'il n'y ait dans le voisinage de ce plan de symétrie de variation brusque ni de la section du corps ni du champ magnétique.

Quand on traverse la surface d'un corps aimanté la composante du champ tangentielle à la surface est continue. Dans le plan de symétrie cette composante tangentielle existe seule ; en pourra donc, dans ce plan, identifier, avec une certaine approximation, le champ à l'intérieur du corps avec le champ extérieur mesuré dans le voisinage immédiat de la surface.

Pour faire cette mesure j'ai placé les baguettes de magnétite avec la bobine induite qui l'entoure dans un champ magnétique variable obtenu avec des appareils qui seront décrits plus loin. Cette bobine induite est composée de deux parties de même nombre de tours de fil, la première aussi rapprochée que possible de la surface du corps et la

deuxième entourant la première à une certaine distance, les deux parties étant accouplées dans le même sens, une impulsion du galvanomètre balistique mesure le flux total traversant la bobine, c'est-à-dire, à une correction près, l'intensité d'aimantation ; puis le sens de la bobine intérieure étant renversé, l'ensemble des deux bobines est équivalent à une bobine unique dont la section est l'espace annulaire compris entre les deux bobines. Dans la figure 1, A et B représentent schématiquement les parties extérieure

Fig. 1.

et intérieure de la bobine et M la magnétite. La section efficace dans cette deuxième partie de l'expérience est la surface couverte de hachures. Une nouvelle impulsion donne alors le flux passant dans cette région annulaire, c'est-à-dire le champ dans le voisinage immédiat du corps.

J'ai employé cette *méthode de la double bobine*, comme je l'appellerai pour abréger dans des champs inférieurs à 500 unités que l'on peut aisément obtenir avec des bobines sans fer, mais elle est beaucoup plus générale et permet de produire le champ avec des électro-aimants, sans qu'il soit nécessaire de s'occuper de la loi d'aimantation des pièces en fer ou de la non-uniformité du champ.

Mais cette méthode n'est correcte que si l'assimilation du champ dans le voisinage du corps au champ extérieur est légitime ; on doit donc soumettre l'uniformité du champ à une discussion dans chaque cas particulier.

C'est cette discussion [1] qui m'a amené à donner à l'expérience la forme particulière représentée dans la figure 2.

Les appareils qu'elle représente sont placés dans une forte bobine, au moyen de laquelle on obtient facilement

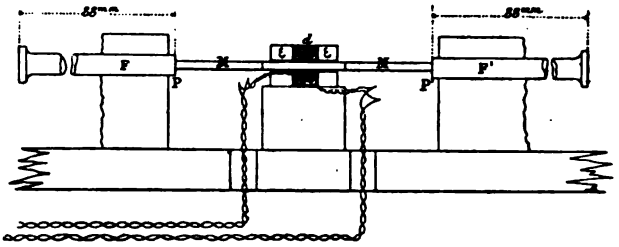


Fig. 2. — Magnétite et bobine induite.

un champ de 500 C. G. S. La magnétite M M est entourée de la double bobine *d*, composée de deux parties de 500 tours chacune. Aux points P, P′ la magnétite se raccorde avec les cylindres en fer F F′.

Le barreau de magnétite n'était jamais composé d'une seule pièce, mais d'une partie centrale assez longue pour placer les joints bien au dehors de la bobine et de prolongements symétriques taillés dans le même cristal suivant la même orientation. Les surfaces terminales, dressées avec soin, assuraient une continuité magnétique suffisante.

2° *Résultats.*

Je ne résumerai ici que les expériences sur la magnétite de Brozzo, qui sont les plus complètes.

Les courbes T B Q de la figure 3 représentent l'intensité d'aimantation en fonction du champ pour les directions de

(1) Voir le Mémoire original.

l'axe ternaire, binaire et quaternaire, mesurée sur des prismes parallèles à ces trois directions tirés d'un même cristal.

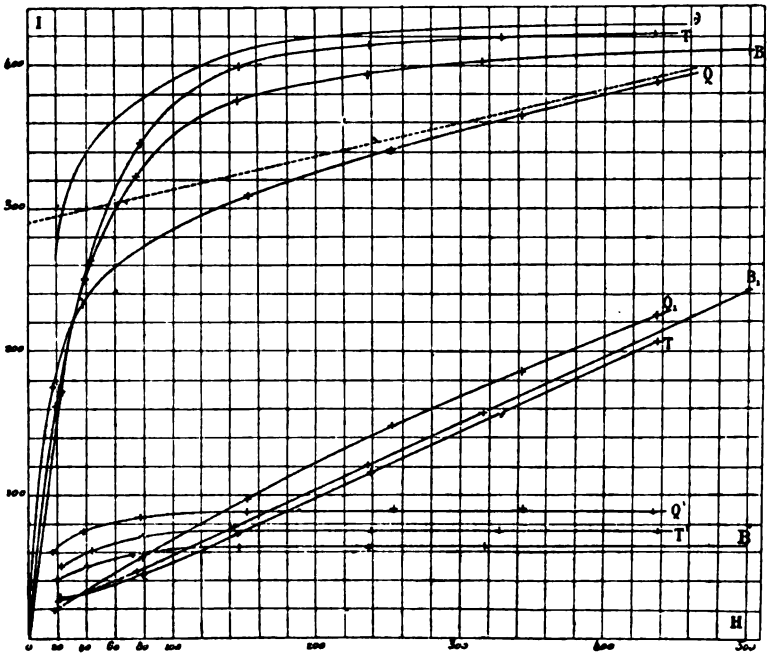


Fig. 3. — Courbes d'aimantation de la magnétite de Brozzo.

AIMANTATION TOTALE

Courbe T direction de l'axe ternaire
» B » binaire
» Q » quaternaire
» θ voir le texte.

AIMANTATION RÉSIDUELLE

Courbe T' direction de l'axe ternaire
» B' » binaire
» Q' » quaternaire

$\frac{H}{I}$ EN FONCTION DE H

Courbe T_1 direction de l'axe ternaire
» B_1 » biternaire
» Q_1 » quaternaire.

Dans la plus grande étendue de la courbe, l'aimantation dans la direction de l'axe ternaire est maxima; elle est très

voisine de l'aimantation suivant l'axe binaire, tandis que l'aimantation suivant l'axe quaternaire est nettement inférieure ; les trois courbes ont leur maximum d'écartement pour un champ voisin de 150 unités pour lequel les ordonnées sont entre elles à peu près comme

$$15 : 18 : 19.$$

Elles se coupent dans le voisinage de H = 16 et se placent dans l'ordre inverse entre cette valeur et de H et zéro. Cette dernière particularité ne se retrouve pas dans tous les échantillons.

Les deux courbes T et B ont la forme habituelle des courbes d'aimantation des métaux fortement magnétiques. La courbe Q au contraire s'en distingue en ce qu'au lieu d'une asymptote horizontale comme les deux autres, elle semble avoir une asymptote inclinée d'un angle α tel que $\operatorname{tg} \alpha = 0{,}235$ environ.

Plusieurs auteurs ont montré que pour les différentes variétés de fer l'approche de la saturation se fait suivant une branche de courbe hyperbolique. Kennelly a exprimé ce fait par une formule empirique représentant l'aimantation :

$$\frac{1}{k} = a + b\,\mathrm{H},$$

où k représente la susceptibilité, c'est-à-dire le rapport de l'intensité d'aimantation I au champ H et a et b des constantes.

Cette formule représente très bien, en effet, le phénomène dans une région qui commence bien avant la saturation. Elle a l'avantage de toutes les formules linéaires de se prêter à un contrôle graphique facile et celui de donner

très commodément par extrapolation la valeur de l'aimantation à saturation. On a en effet pour $H = \infty$

$$I_{max} = \frac{1}{b}.$$

Si donc en représentant graphiquement les valeurs expérimentales de $\frac{1}{k}$ en fonctions de H on trouve une courbe se terminant par une portion sensiblement rectiligne, on pourra considérer l'inverse du coefficient angulaire de la droite qui se confond avec elle comme donnant bien l'aimantation à saturation.

Les courbes T_1 B_1 Q_1 (fig. 3) représentent $\frac{1}{k}$ en fonction de H pour les directions des axes ternaire, binaire et quaternaire. Les deux premières se confondent avec des droites à partir de H = 120 c. g. s. et donnent pour l'aimantation à saturation 437 et 432, valeurs identiques, eu égard aux erreurs d'expérience et aux impuretés possibles de la matière. La courbe correspondant à l'axe quaternaire ne permet pas une semblable extrapolation. Mais il est vraisemblable que l'aimantation suivant cette direction tend aussi vers la même valeur.

3° *Hypothèse sur la structure de la magnétite.*

Nous pouvons rendre compte des différentes particularités présentées par les courbes d'aimantation par l'hypothèse suivante. Imaginons qu'un cristal de magnétite soit composé de trois systèmes de lames parallèles aux faces du cube séparées par des couches d'une substance non magnétique. Ces lames s'entrecroisent et constituent une sorte de réseau cubique dans lequel les plans qui limitent

la maille sont magnétiques et l'intérieur de la maille non magnétique.

Si l'on aimante le corps ainsi composé parallèlement à son axe ternaire les trois systèmes de lames font avec la direction de l'aimantation le même angle de 35°16′, et l'ensemble se comporte dans cette direction comme une substance homogène.

Le champ étant dirigé suivant l'axe binaire, deux des systèmes de lames sont inclinés à 45° sur cet axe et sont dans des conditions un peu moins favorables à l'aimantation que dans le cas précédent. Le troisième système, au contraire, contient l'axe binaire et s'aimante facilement.

Pour l'aimantation parallèle à l'axe quaternaire, deux des systèmes contiennent la direction de l'aimantation ; le troisième lui est perpendiculaire et s'aimante avec une extrême difficulté, et son aimantation est sensiblement proportionnelle au champ. On doit donc s'attendre à trouver pour l'aimantation parallèle à l'axe quaternaire une courbe résultant de la sommation des ordonnées d'une première courbe, correspondant aux $\frac{2}{3}$ de la matière placée dans des conditions de facile aimantation et d'une deuxième qui est la droite représentant l'aimantation du dernier tiers de la matière. Cette courbe résultante aura donc une asymptote inclinée dont l'ordonnée à l'origine est égale aux $\frac{2}{3}$ de l'aimantation à saturation. Cette condition est remplie par la courbe expérimentale Q (fig. 2). L'ordonnée à l'origine de son asymptote est :

$$290 = \frac{2}{3} . 435.$$

Comme contrôle de cette hypothèse, on peut déduire des

courbes expérimentales la courbe de la substance placée dans les conditions de plus facile aimantation. Il suffit de retrancher de la courbe Q la partie de l'aimantation proportionnelle au champ donnée par l'asymptote et de multiplier la différence par $\frac{3}{2}$. On obtient ainsi la courbe θ (même figure) qui, comme cela devait être, est *au-dessus* de la courbe correspondant à l'axe ternaire et tend vers le même maximum que celle-ci.

On conçoit que si, dans les directions parallèles aux axes binaire et ternaire, la magnétite se comporte sensiblement comme une substance homogène la loi linéaire :

$$\frac{1}{k} = a + b\,\mathrm{H}$$

soit observée.

Supposons que pour l'aimantation parallèle à l'axe quaternaire deux tiers de la substance obéissent à cette loi linéaire ; pour le troisième tiers l'aimantation est proportionnelle au champ. Un calcul simple montre que la juxtaposition de ces matières conduit, pour la matière résultante, à une susceptibilité représentée par une courbe concave du côté de l'axe des H. C'est bien ce que montre la courbe expérimentale Q_1.

On peut, en partant du coefficient angulaire de l'asymptote, calculer le rapport de l'épaisseur des feuillets magnétiques que nous avons imaginés, à celle de la matière non magnétique interposée et l'on trouve que les feuillets magnétiques ont une épaisseur égale à trois fois celle des intervalles non magnétiques. Il est impossible, dans ces conditions, de réaliser l'enchevêtrement des trois systèmes de lames en leur conservant des propriétés indépendantes Nous ne pouvons donc considérer la structure hypothétique

que comme *qualitativement* équivalente de la structure réelle. Mais il reste extrêmement vraisemblable que les particularités observées sont la conséquence d'une certaine structure.

B. — Expériences sur les Disques

4° *Principe de la deuxième méthode de mesure.*

Les expériences précédentes ne portent que sur les directions des axes de symétrie du cristal. Il était désirable d'avoir des renseignements sur l'aimantation dans d'autres directions. De plus, on peut objecter à ces expériences que l'identité absolue de la matière n'est pas démontrée, bien que des barreaux de différentes orientations aient été taillés dans le même cristal présentant de grandes garanties d'homogénéité.

J'ai pu mesurer l'aimantation en dehors des axes et comparer sa valeur dans différentes directions sur le même échantillon en employant des disques de magnétite.

La méthode employée est encore une forme de la méthode balistique.

Les impulsions du galvanomètre mesurent les variations du flux d'induction traversant une bobine induite unique entourant le disque suivant un diamètre, tandis qu'on fait tourner celui-ci dans le champ d'un aimant.

L'appareil qui a été employé est représenté dans les figures 4 et 5. Le disque de magnétite est collé avec un peu de cire sur un disque de laiton de même diamètre supporté par une petite tige fixée dans l'axe de la plateforme d'un goniomètre de Babinet. Les angles de rotation de la plateforme sont mesurés au moyen d'une alidade dont l'excursion est limitée par deux butoirs.

La bobine induite *b* (fig. 5) se compose de deux parties de 40 tours, laissant passer entre elles la tige qui supporte le disque. Elles sont reliées par un support flexible en plomb, permettant les réglages, à la pièce qui dans le goniomètre porte la lunette. On fixe cette pièce ou on limite sa course par deux autres butoirs, et les angles dont elle tourne sont lus sur le cercle divisé.

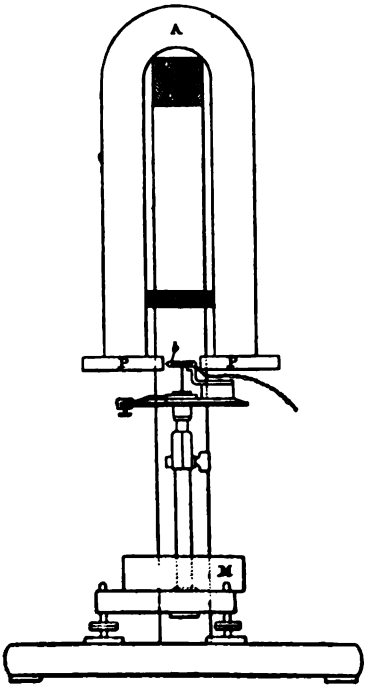


Fig. 4. — Appareil pour la mesure de l'aimantation des disques de magnétite. Echelle 1/10.

Un grand aimant A (fig. 4) en fer à cheval est suspendu au-dessus du goniomètre et porte, par simple attraction magnétique, deux pièces polaires P en fer doux qui pro-

duisent un champ sensiblement uniforme dans toute l'étendue du disque. Ce champ a été mesuré par le galvanomètre balistique au moyen d'une bobine composée de trois tours de diamètre exactement connu et a été trouvé égal à 353 unités. Une masse de plomb M donne la stabilité nécessaire à l'appareil.

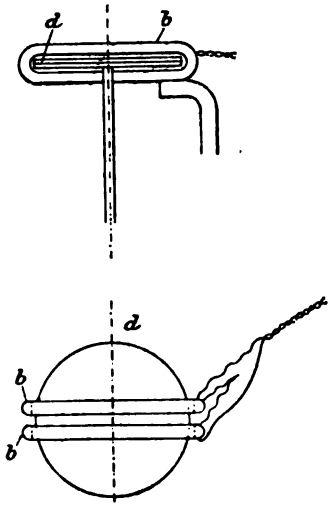


Fig. 5. — Grandeur naturelle.

On commence par déterminer la grandeur de l'aimantation pour une position déterminée du disque qui sert de point de départ. Pour cela, on fait tourner brusquement la bobine de 180° à partir de la position où elle est traversée par le flux maximum. On mesure ainsi deux fois le flux total.

On fait ensuite la même mesure après avoir enlevé le disque de magnétite. On a ainsi le flux H S', provenant du champ extérieur H, traversant la bobine d'aire S'. La diffé-

rence des deux mesures donne l'intensité correspondant au rayon origine.

Ces déterminations préliminaires faites, on opère comme il suit : le plan des spires de bobine étant réglé perpendiculairement au champ magnétique, on cherche par tâtonnements quelles sont les positions pour lesquelles le galvanomètre balistique ne donne aucune impulsion quand on fait tourner le disque d'un très petit angle. Ces positions sont les maxima et les minima d'aimantation.

Puis on fait décrire au disque toute la portion de la circonférence qui n'est pas rendue inaccessible par le support de la bobine, c'est-à-dire près de 300°, en passant brusquement d'un maximum ou minimum au minimum ou maximum suivant. On note l'impulsion correspondante. La somme algébrique de ces impulsions donne alors la différence entre un maximum ou un minimum quelconques et le rayon vecteur origine.

La précision des observations est suffisante pour permettre d'additionner un grand nombre d'impulsions sans craindre de trop augmenter les erreurs par leur accumulation. D'ailleurs, l'égalité des rayons vecteurs distants de 180° constitue une bonne vérification des mesures.

Le détail du tracé de la courbe représentant l'aimantation en fonction de la direction est ensuite arrêté par la mesure de la différence entre les rayons vecteurs d'un certain nombre de points intermédiaires et les maxima et minima voisins.

5° *Composante de l'aimantation perpendiculaire au champ.*

Pour les expériences sur les barreaux taillés parallèlement aux axes de symétrie du cristal, il est naturel de penser que la direction de l'aimantation est celle du champ

magnétisant parallèle au barreau. Les mêmes raisons de symétrie n'existent pas quand on aimante un disque suivant un azimut quelconque. Les expériences décrites ci-dessus ne mesurent par conséquent pas l'aimantation totale mais la composante de l'aimantation perpendiculaire au plan des spires de la bobine. Dans le cas général il y a une composante normale au champ située dans le plan du disque et une composante normale au disque. Je n'ai pas tenu compte de cette dernière dont l'influence est négligeable (1).

Quant à la composante de l'aimantation perpendiculaire au champ, située dans le plan du disque, je l'ai déterminée en plaçant le plan des spires de la bobine parallèlement au champ et en opérant comme pour la composante principale.

6° *Résultats.*

Je ne donnerai que les résultats concernant la magnétite de Brozzo. Ils ont été pleinement confirmés par l'étude d'un certain nombre de disques de magnétite de Traverselle.

J'ai opéré sur 6 disques de 20^{mm} de diamètre et de 3^{mm} d'épaisseur taillés dans la magnétite de Brozzo :

1° Deux disques parallèles à la face du cube;
2° — — du dodécaèdre;
3° — — de l'octaèdre.

L'orientation de ces disques est repérée au moment de la taille avec une grande précision grâce aux stries parallèles aux axes binaires qui couvrent toutes les faces dodécaédriques. On taille d'abord une lame d'un peu moins de 1^{mm} d'épaisseur dans laquelle on découpe le disque après

(1) Voir le mémoire original.

avoir marqué au crayon la direction des axes qu'elle contient. Le disque une fois amené à l'épaisseur voulue, on le colle pour le consolider sur un couvre-objet de microscope de même diamètre sur lequel sont tracées d'avance des lignes de repère que l'on fait coïncider au moment du collage avec celles de la magnétite [1].

α — Disques parallèles a la face du cube

Les observations faites sur le premier disque parallèle à la face du cube ont été représentées graphiquement dans la figure 6 en portant sur les rayons vecteurs issus d'un point des longueurs proportionnelles à l'aimantation.

La courbe extérieure qui représente la composante de l'aimantation parallèle au champ présente nettement la symétrie quaternaire ; les maxima d'aimantation correspondant aux axes binaires, les minima aux axes quaternaires.

La courbe plus petite au centre représente la composante de l'aimantation normale au champ. Comme on devait s'y attendre, elle passe par l'origine pour les rayons vecteurs qui correspondent aux maxima et aux minima de l'aimantation parallèle au champ. Entre deux directions pour lesquelles elle est nulle, l'aimantation normale au champ passe par un maximum qui est plus voisin de la position du minimum de l'aimantation parallèle au champ que du maximum. L'aimantation tourne donc plus vite que le champ quand il s'écarte d'un axe d'aimantation minima et moins vite quand il s'écarte d'un axe d'aimantation maxima.

La courbe de l'aimantation normale au champ se compose donc de 8 boucles occupant chacune une région angulaire de 45°. Six d'entre elles seulement ont été déterminées

(1) Ce travail a été fait avec grand soin par M. J. Werlein.

et sont représentées dans la figure 6. Les dissymétries assez grandes qu'elles présentent sont dues probablement aux fissures du disque. Leur influence, néanmoins, ne masque pas la symétrie quaternaire qui est indiquée avec netteté par la position des six maxima observés.

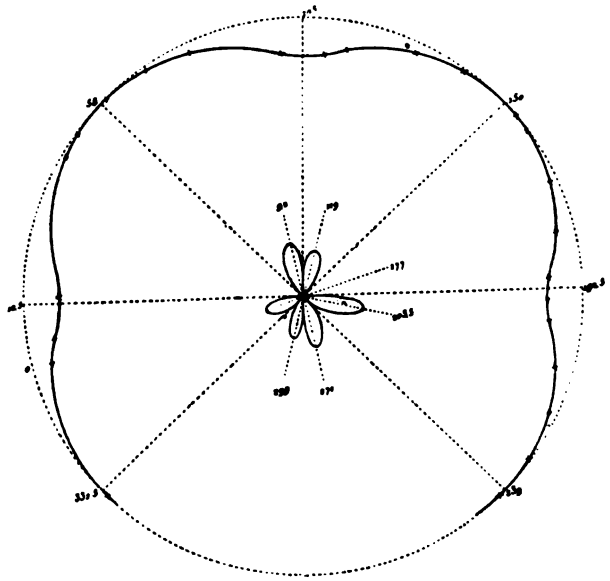


Fig. 6. — *Magnétite de Brozzo.* 1er Disque parallèle à la face du cube. Aimantation parallèle et perpendiculaire au champ.
Les lignes pointillées indiquent les maxima et les minima.

Le deuxième disque parallèle à la face du cube donne lieu à des courbes identiques et confirme les résultats précédents.

β — Disques parallèles a la face du dodécaèdre

La figure 7 représente les observations sur le premier disque parallèle à la face du dodécaèdre, de la même manière que la figure précédente, celles du disque parallèle à la face du cube; le deuxième disque conduit à des courbes identiques.

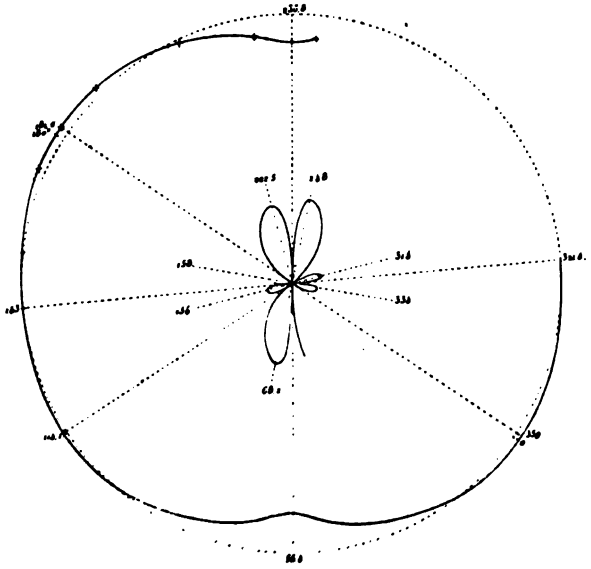


Fig. 7. — *Magnétite de Brozzo.* 1er Disque parallèle à la face du dodécaèdre
Aimantation parallèle et perpendiculaire au champ.
Les lignes pointillées indiquent les maxima et les minima.

L'aspect général des courbes représentant l'aimantation parallèle et perpendiculaire au champ est encore conforme à la symétrie cubique.

On remarquera la valeur relativement grande de l'aimantation transversale pour les directions du champ comprises entre l'axe ternaire et l'axe quaternaire.

Cette composante permet de déterminer l'obliquité de l'aimantation sur le champ magnétisant extérieur. On trouve que l'obliquité maxima est de 18°.

γ. — Disques parallèles a la face de l'Octaèdre.

Les expériences sur les deux disques parallèles à la face de l'octaèdre, taillés dans la magnétite de Brozzo, ont montré des propriétés sensiblement identiques dans toutes les directions.

Pour un disque de même orientation, provenant d'un petit cristal de Traverselle, particulièrement pur et homogène, les variations de la composante de l'aimantation parallèle au champ ont atteint 0,16 0/0 de sa valeur, et la grandeur trouvée pour la composante normale au champ conduit à une obliquité de moins de un demi-degré.

On peut en conclure que la magnétite se comporte rigoureusement comme une substance isotrope pour toutes les directions contenues dans une face de l'octaèdre.

Si l'on porte sur tous les rayons issus d'un point l'aimantation que prend la matière dans un champ de grandeur constante, dirigé suivant le rayon considéré, on obtient donc une surface magnétique ayant la symétrie du système cubique. Pour la valeur du champ que nous avons utilisée, elle ressemble à un cube à faces creuses et à arêtes arrondies. Cette surface présente quatre sections cycliques parallèles aux faces de l'octaèdre.

Mais les valeurs relatives de l'aimantation dans différentes directions varient beaucoup avec la grandeur du champ. L'aspect de cette surface magnétique doit donc être

très variable ; ce qu'il importe plus de noter que sa forme dans tel ou tel cas particulier, c'est la concordance très satisfaisante de sa symétrie avec celle du système cubique.

En effet, l'absence de vérifications optiques de la symétrie cristalline, par suite de l'opacité de la magnétite, aurait pu inspirer une certaine défiance à l'égard des conclusions tirées uniquement de la forme extérieure du cristal et de l'analogie présumée avec les spinelles. On aurait également pu supposer l'existence de macles plus ou moins dissimulées. Ces deux hypothèses sont également incompatibles avec la régularité des résultats fournis par les disques.

7° *Interprétation des expériences sur les disques par la structure de la magnétite.*

J'ai cherché à obtenir des courbes analogues à celles données par la magnétite au moyen d'un système magnétique de structure convenable formé d'une substance isotrope.

J'ai employé à cet effet un disque de toile de fer de 20^{mm} de diamètre composé de deux systèmes de fils rectangulaires.

Quand on place ce disque dans un champ magnétique un peu intense, l'une des directions à 45° sur les fils s'oriente énergiquement suivant les lignes de force. La direction des fils est donc un minimum d'aimantation et doit jouer le même rôle que l'axe quaternaire de la magnétite. C'est bien ce qu'ont montré les mesures faites par le procédé employé pour la magnétite et représentées dans la figure 8.

La courbe extérieure, en traits pleins, représente l'aimantation parallèle au champ. La courbe intérieure représente

la composante transversale. Ces courbes sont assez semblables à celles du disque de magnétite parallèle à la face du cube.

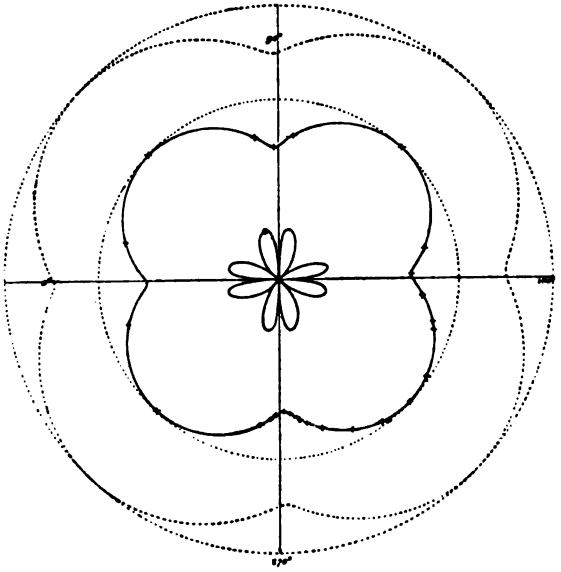


Fig. 8. — Disque de toile métallique. Aimantation parallèle et perpendiculaire au champ.

Dans l'hypothèse sur la constitution du cristal de magnétite, suivant laquelle il se comporterait comme un enchevêtrement de trois systèmes de plans rectangulaires de matière magnétique séparés par des couches non magnétiques, les fils de la toile métallique seraient analogues aux baguettes découpées par le disque dans les deux systèmes de lames qui lui sont perpendiculaires. Pour représenter le troisième système qui est parallèle au plan du disque, il faudrait ajouter à celui-ci un disque de fer continu dont la masse serait égale à celle de l'un des systèmes de fils.

Ce disque ajouterait à l'aimantation observée une aimantation constante, égale à la moitié du maximum de l'aimantation de la toile métallique.

En modifiant ainsi la courbe trouvée expérimentalement, j'ai obtenu la couche pointillée de la figure 8. Elle ressemble encore davantage à celle de la magnétite.

8° *Expériences qualitatives.*

On peut mettre en évidence les propriétés magnétiques des disques non isotropes par des expériences qualitatives très simples.

Si l'on pose un disque de magnétite D (fig. 9) sur un plan de verre V placé intérieurement sur l'une des branches d'un aimant A dont le champ est vertical, le disque se place verticalement dans le plan de symétrie de l'aimant et, tout en glissant vers la région où le champ est maximum, s'oriente de façon à diriger un de ses axes d'aimantation maxima parallèlement au champ.

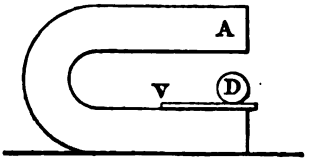


Fig. 9.

Si on l'écarte de sa position d'équilibre par une rotation, il y revient énergiquement, à moins que, par suite d'un écart un peu grand, un autre axe d'aimantation maxima se substitue au premier.

Le disque parallèle à la face de l'octaèdre ne montre aucune tendance à s'orienter.

L'obliquité de l'aimantation d'un disque de magnétite par rapport au champ a comme conséquence une déformation dissymétrique de celui-ci. A l'intérieur du disque, il est dévié en sens inverse de l'aimantation ; à l'extérieur, au contraire, dans le sens de l'aimantation. Cette dernière déviation est moins accentuée que la première.

On peut mettre ces déformations du champ en évidence au moyen des spectres magnétiques. Les photographies figures 10 et 11 représentent le champ déformé par un

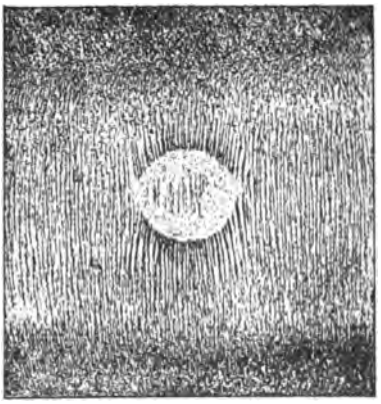


Fig. 10. — Déformation d'un champ magnétique par un disque de magnétite parallèle à la face du dodécaèdre. Position symétrique.

disque parallèle à la face du dodécaèdre placé, dans la figure 10, symétriquement par rapport au champ et se comportant comme un disque isotrope et dans la figure 11, placé à peu près suivant l'orientation donnant la dissymétrie maxima du champ.

Le disque était fixé sous la plaque photographique avec un peu de cire. On saupoudre de limaille la face gélatine à la lumière rouge et on impressionne avec une flamme de

gaz. On obtient ainsi le négatif dont les épreuves ci-jointes sont les copies positives.

9° *Résumé et Conclusions.*

Cette étude de l'aimantation de la magnétite cristallisée comprend deux parties :

La première contient la détermination des courbes d'aimantation au moyen d'une méthode nouvelle. Ces

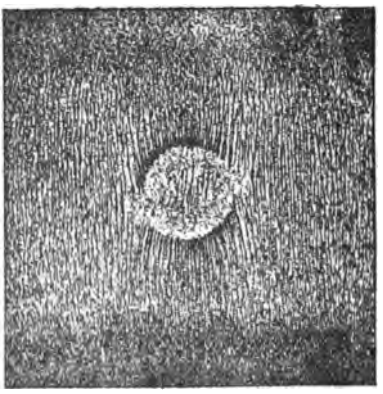


Fig. 11. — Déformation d'un champ magnétique par un disque de magnétite parallèle à la face du dodécaèdre. Position dissymétrique.

courbes, relatives aux directions des axes quaternaire ternaire et binaire du système cubique, présentent des différences bien caractérisées. L'aimantation dans la direction des axes ternaire et binaire est analogue à celle des autres corps ferro-magnétiques et tend vers la saturation suivant une loi hyperbolique. L'aimantation suivant l'axe ternaire est en général la plus forte, mais très peu supérieure à l'aimantation suivant l'axe binaire. L'aiman-

tation suivant l'axe quaternaire est nettement inférieure et tend à atteindre celle des deux autres axes dans les champs très forts. Pour cette dernière direction, la saturation n'a pu être mise en évidence expérimentalement : dans les champs élevés, la courbe d'aimantation semble avoir une asymptote inclinée sur l'axe des abscisses.

Une hypothèse de structure réticulaire permet de rendre assez bien compte de ces faits.

Dans la deuxième partie, ces résultats ont été confirmés et étendus à des directions en dehors des axes de symétrie dans des expériences sur des disques de magnétite. La méthode employée à cet effet donne avec une grande sensibilité les variations de l'aimantation avec la direction.

On a pu mettre en évidence par la même méthode l'obliquité de l'aimantation sur le champ et mesurer sa composante perpendiculaire au champ en fonction de la direction.

Toutes ces expériences, faites sur plusieurs cristaux de gisements différents, ont montré un accord très satisfaisant des propriétés magnétiques avec la symétrie cubique, mais, contrairement à ce qu'auraient pu faire supposer les propriétés optiques des cristaux cubiques, la grandeur de l'aimantation de la magnétite varie avec son orientation par rapport aux axes cristallographiques.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE

ANNÉE 1897. — BULLETIN N° 4.

Compte rendu de la séance du 8 avril 1897.

PRÉSIDENCE DE M. TERMIER.

M. E. DAMOUR donne le résultat de ses recherches sur la dilatation des cristaux.

M. FROSSARD présente à la Société un fascicule sur les minéraux pyrénéens décrits dans la *Minéralogie de la France*, de M. Lacroix.

Revue des espèces minérales nouvelles.

Quirogite. — Ce minéral possède une couleur gris de plomb sur les parties exposées à l'air, mais sur les cassures fraîches, on observe l'éclat métallique. Densité 7,22

à 13° et dureté 3. Le minéral ressemble beaucoup à la galène par ses propriétés extérieures, mais il est quadratique et présente les formes (111) (100) (001) (112?) (706?). Le rapport des axes est 1 : 1,286.

L'analyse a donné les résultats suivants :

Plomb 63,89, Antimoine 9,69, Fer 6,30, Soufre 17,51, ce qui correspond à la formule $(SPb)^{30}(S^3Sb^2)^4$, $(S^2Fe)^{11}$. En tenant compte que le sulfure de fer se trouve dans ce minéral comme une matière étrangère, sa formule serait $(SPb)^{28}(S^3Sb^2)^3$.

Ce minéral, qui se trouve dans les mines San Andres, Georgina, Paraiso, etc. (sierra Almagrera, province Palmeria), a été dédié au minéralogiste espagnol D.-F. Quiroga. (Fernandez Navarro. — Minerales de Espana existentes en el Museo de Historia natural de Madrid, 3e note. — *Anal. de la Soc. Esp. de Hist. nat.* t. XXIV, 1896).

Munkforssite, Bliabergite et Ransätite. — Ces trois nouveaux minéraux, décrits par M. Igelström, ont été trouvés dans le gneiss de Kirchspel Ransäter, gt de Wermland (Suède).

La *munkforssite* est blanche quand elle est pure, mais elle est souvent faiblement rougeâtre. Elle se présente en grains atteignant quelques millimètres et aussi en prismes monocliniques. La dureté est de 5.

L'analyse a donné les résultats suivants :

SO^3 13,20 ; P^2O^5 13,98 ; Al^2O^3 25,54 ; CaO 32 ; FeO traces, Cl traces ; perte au rouge 2,63 ; partie indécomposable par la chaleur (damourite) 10,74 : total 98,09.

En déduisant ces deux dernières parties on a :

SO^3 18,12, P^2O^5 16,01, Al^2O^3 29,23, CaO 36,64 = 100.

Ce minéral est donc voisin de la svanbergite.

La munkforssite est infusible au chalumeau, et incomplètement soluble dans les acides.

La *bliabergite* se présente en gros cristaux rhomboédriques ayant de 1 à 3 centimètres. Elle est brune ou brun rougeâtre. Dureté 4,5.

L'analyse a donné les résultats suivants :

I. — Bliabergite brune :

SiO^2 39,13 ; Al^2O^3 27,60; FeO 26,74; MnO 4,45; MgO et CaO 0,43; H^2O 3,26: total 101,61.

II. — Bliabergite brun rouge :

SiO^2 41,67; Al^2O^3 23,81; Fe^2O^3 et Mn^2O^3 27,38; H^2O 7,14; total 100.

Ces résultats conduisent à peu près à la formule :

$2\,(Fe, Mn)^3\,SiO^4 + Al^4Si^3O^{12}$ ou $3(Fe, Mn)^2SiO^4 + 2Al^2SiO^5$.

La bliabergite est infusible au chalumeau, quoiqu'elle devienne noire et magnétique.

La *Ransätite* est en cristaux, limités par des faces rhombes et est probablement cubique; leur couleur est rose pâle et leur dureté 6.

La composition est la suivante :

SiO^2 43,47; Al^2O^3 14,50; Fe^2O^3 17,72; MnO 14,97; CaO 5,63, MgO 2,57; total : 98,86.

La formule est donc :

$$3(Mn, Ca, Mg)SiO^3 + (Fe, Al)^4Si^3O^{12}.$$

(L. J. Igelström, *Zeitsch. für Kryst. und. Min.*, t. XXVII, p. 601. 1897.)

OUVRAGES REÇUS EN DON EN 1896 (1)

Boletin de la Sociedad national de Mineria de Santiago.
LACROIX. — Minéralogie de la France et de ses colonies.
PETITON. — Géologie de l'Indo-Chine, avec atlas.
P. WEISS. — Aimantation de la magnétite cristallisée et de quelques alliages de fer et d'antimoine.
Geological and natural history Survey of Minnesota. Dirigé par M. N.-H. Winchell 22 d 23. Annual report.
Proceedings of the Nova Scotian Institute. Vol. VIII, 4e partie; vol. IX.
Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Mâcon.
Journal of the Royal Institution of Cornwal. Vol. XXII, 2e partie et vol. XXIII, 1re partie.
D'ACHIARDI. — Tormaline del Granito Elbano.
CHESTER. — A Dictionary of the Names of Minérals.
H. ROSENBUSCH. — Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine. Vol. II, fasc. 2.
Catalogue de la collection de minéralogie du Muséum.
FROSSARD. — Mémoire sur les marbres pyrénéens.
Anales del Museo nacional de Buenos-Ayres. — T. IV.
AD. CARNOT. — Sur les variations observées dans la composition des apatites, phosphorites et des phosphates sédimentaires.
AD. CARNOT. — Méthode d'analyse des fontes, fers et aciers.
Report of the Sixte Meeting of the Australian Association for the advance ment of Science.
GEORGE BRUSH. — Manuel of Determinative Mineralogy vith an antroduction an Blowpipe Analysis.

(1) Les ouvrages cités ou qui seront analysés dans le *Bulletin* ne sont pas mentionnés ici.

Le Secrétaire, gérant, P. GAUBERT.

PARIS — IMPRIMERIE CHAIX (SUCC. B), 5, RUE DE LA SAINTE-CHAPELLE. — 280-97.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE

ANNÉE 1897. — BULLETIN N° 5.

Compte rendu de la séance du 13 mai 1897.

PRÉSIDENCE DE M. TERMIER.

M. le Président prend la parole :

MESSIEURS,

J'ai le pénible devoir de vous annoncer la mort de notre véritable fondateur, du père de la *Société française de Minéralogie*, de son tout premier président, notre cher et vénéré Des Cloizeaux. Cette mort met en deuil toute la science française, je devrais dire toute la Science : mais elle frappe d'une façon particulièrement cruelle notre Société, qui doit à Des Cloizeaux son existence, et dans le sein de laquelle ce grand savant comptait tant de disciples, d'admirateurs et d'amis.

J'étais en voyage, et dans un pays où les communications sont difficiles, quand est survenu ce douloureux événement. En mon absence, votre vice-président, M. H. Le Châtelier a bien voulu régler les détails de la participation de la Société de Minéralogie aux obsèques de notre regretté

Maître. Ne sachant si je pourrais revenir à temps pour prononcer, en votre nom, sur cette tombe, les paroles de suprême adieu, il a eu la délicate pensée de prier M. Damour, notre doyen, l'intime ami, et, pendant cinquante-trois années, le collaborateur de Des Cloizeaux, de dire cet adieu et d'y faire passer, avec sa propre douleur, les regrets de tous ses confrères. Je remercie M. H. Le Châtelier pour les démarches multiples que mon absence lui a imposées ; et je remercie M. Damour d'avoir bien voulu, malgré son grand âge et l'inclémence de la température, se rendre aux funérailles et parler, en notre nom à tous, avec cette émotion qui nous a tous gagnés, sur la tombe de son ami.

Le discours prononcé par M. Damour sera reproduit intégralement, dans le compte rendu de la présente séance.

Que vous dirai-je à mon tour, de ce mort illustre, Messieurs, que vous ne sachiez déjà et que vous n'ayez déjà entendu ? Le nom de Des Cloizeaux a rempli, pendant un demi-siècle, toute une des moitiés de la science minéralogique, comme pendant vingt années, le nom de Mallard remplissait l'autre moitié. Et ce sera le durable honneur de la Société minéralogique de France d'avoir eu comme fondateurs, et, à quatre reprises différentes, comme présidents, ces deux hommes devant qui s'inclinent encore les minéralogistes du monde entier, et qui, avec des aptitudes bien différentes, l'un, comme observateur patient et sagace, l'autre comme philosophe, se complétant d'ailleurs et s'appréciant l'un l'autre, ont si largement reculé les limites de nos connaissances ! Tous, tant que nous sommes ici, nous procédons de l'un et de l'autre, et nous usons chaque jour des méthodes de celui-là, des idées de celui-ci.

Il importe cependant que l'œuvre scientifique de Des Cloizeaux reçoive, dans ces murs et au milieu de nous, un

public hommage, dont notre *Bulletin* transmette l'écho jusqu'aux rives les plus lointaines. Il faut que l'éloge de Des Cloizeaux soit ici prononcé, dans une de nos prochaines séances que nous ferons en son honneur, aussi solennelle que possible; et que cet éloge dise combien ce Maître a travaillé, quel observateur incomparable il a été, quelle était la rigueur, je dirai presque le scrupule, de cet esprit analytique, quels services il a rendus à la minéralogie, à la pétrographie, à la géologie, par ses innombrables observations ; et aussi quel homme bon, quel ami dévoué, quel guide sûr, était ce grand savant; et enfin quelle était son autorité, non seulement parmi nous, mais parmi les minéralogistes de toutes langues et de tous pays, et combien universelle et incontestée était la réputation de ce solitaire.

L'auteur de cet éloge est tout indiqué, Messieurs. Aucun de nous, mieux que M. Lacroix, n'a connu Des Cloizeaux; nul, parmi les jeunes, n'a eu, au même degré, sa confiance et son amitié ; nul n'a suivi plus fidèlement et avec plus d'éclat la voie tracée par le Maître. M. Lacroix qui est, à tant d'égards, le véritable continuateur de Des Cloizeaux, a bien voulu accepter la tâche, lourde assurément, mais si honorable, d'élever à cette illustre et chère mémoire un monument digne d'elle.

En attendant, Messieurs, saluons encore une fois la belle figure qui vient de disparaître. C'était bien le type accompli du vrai savant, c'est-à-dire de l'honnête homme appliqué à la science. De son vivant même, il a reçu la récompense de ses labeurs. Quelle belle fin de carrière ! Et, sauf les infirmités inséparables, hélas ! de l'humaine condition, quelle belle vieillesse ! Chacun de nous, n'est-ce pas, voudrait mourir ainsi, dans la plénitude de son intelligence, avec la conscience du devoir loyalement accompli, avec ce

sentiment qu'il restera de lui une œuvre durable et féconde, qu'il a travaillé cinquante ans sans rencontrer un seul contradicteur, et qu'il va s'endormir dans l'éternelle paix en laissant ici-bas un nom que les hommes n'oublieront pas et dont l'honneur et l'éclat iront toujours grandissant.

M. le Président lève la séance.

Discours de M. A. Damour.

« Messieurs,

« C'est au nom de la Société de Minéralogie que je viens apporter ici quelques paroles d'adieu sur la tombe de mon plus vieil ami.

» D'éloquents interprètes vous ont exposé les travaux considérables et de haute valeur de l'excellent confrère que la mort vient de nous enlever. Ce n'est pas seulement en France, c'est aussi à l'étranger, en tous les lieux où la minéralogie est un objet d'étude, que notre confrère était tenu en très haute estime.

» Après ses deux voyages en Islande si fructueux pour la science, Des Cloizeaux avait parcouru les principales contrées de l'Europe : Angleterre, Suède, Danemark, Prusse, Autriche, Russie, Suisse, Espagne et Italie. Il a visité les plus riches collections : partout il trouvait le plus cordial accueil.

» De hautes distinctions honorifiques lui furent décernées par les souverains étrangers ; en 1889, il fut nommé officier de la Légion d'Honneur. La Société royale de Londres, en l'honneur de ses travaux de minéralogie optique, le gratifia de sa grande médaille.

» L'Académie des Sciences, qui l'avait admis dans son sein en 1869, l'appela à la présidence en 1889.

» M. Des Cloizeaux pensait depuis longtemps à l'utilité d'établir en France un foyer de réunion aux savants adonnés à l'étude de la minéralogie. Encouragé et soutenu par le concours des savants professeurs ses collègues, il se mit à l'œuvre pour fonder notre Société. Ce fut le 21 mars 1878 que la première séance eut lieu à la Sorbonne, dans la salle des conférences de la minéralogie, mise à la disposition de la Société par l'obligeance de M. le professeur Friedel. On y décida que les séances auraient lieu le second jeudi de chaque mois et qu'un *Bulletin* serait publié, exposant les travaux de minéralogie et de cristallographie des membres de la Société, ainsi que l'analyse des travaux faits en France et à l'étranger. En cette première séance, 37 membres se trouvaient alors réunis : ce nombre s'accrut rapidement ; puis, par décret du 2 février 1886, la Société fut reconnue comme établissement d'utilité publique. Aujourd'hui elle compte 185 membres et son *Bulletin* grossit chaque année.

» Vous savez toute l'ardeur et le soin consciencieux que M. Des Cloizeaux apportait dans les immenses recherches nécessitées pour l'achèvement de l'important ouvrage qu'il avait modestement intitulé : *Manuel de Minéralogie*. Dans les nouveaux loisirs que lui laissait sa mise à la retraite, il n'accordait rien au repos. Mais l'emploi trop fréquent du goniomètre, du microscope et des appareils de polarisation pour arriver aux calculs cristallographiques a le fâcheux effet de porter atteinte aux organes de la vue. Une congestion aux yeux s'était déjà déclarée l'année dernière. La santé de M. Des Cloizeaux, jusqu'alors assez robuste, subit bientôt de pénibles atteintes. Une maladie chronique, dont l'art des meilleurs médecins ne put arrêter les progrès, l'obligea de cesser tout travail. Les soins les plus tendres, les plus assidus de la noble et digne compagne de

sa vie, aidée de sa fille bien aimée, ne purent conjurer un mal devenu incurable. Le confrère que nous aimions s'est éteint, conservant la lucidité de son esprit, fortifié par le secours de la religion qu'il avait pratiquée avec ferveur.

» Des Cloizeaux fut un homme de bien : sa vie entière fut consacrée au travail et aux devoirs de la famille. En toutes choses, il s'appliquait à faire prévaloir ce qu'il jugeait utile, juste et sage. Tous ceux qui l'ont connu l'honoraient et l'aimaient. Son nom, comme savant, demeure acquis à l'histoire de la minéralogie; il y occupera la plus honorable place parmi les fondateurs de cette science et parmi ceux qui en ont fait avancer les progrès. »

Note sur la mesure des biréfringences des minéraux en lames minces.

Par Fréd. Wallerant.

Pour mesurer la biréfringence d'un cristal en lame mince, on se sert généralement du comparateur de M. Michel Lévy. Cet instrument permet de comparer la teinte du minéral, due à la polarisation chromatique en lumière parallèle, à la teinte d'une lame de quartz taillée en biseau. Cette comparaison se fait facilement si le cristal est assez épais ou assez biréfringent pour donner au moins le jaune du premier ordre. Au-dessous de cette limite, la comparaison devient assez difficile et l'on a proposé plusieurs artifices pour remédier à cet inconvénient. Un procédé

très simple consiste à transformer le microscope en appareil de Norremberg. A la place de la lentille Bertrand, on introduit une glace inclinée à 45° sur l'axe du microscope et l'on place au-dessous de la préparation, sur la platine du microscope, un petit miroir. Le rayon lumineux, réfléchi par la glace, traverse l'analyseur, qui fait ici fonction de polariseur, traverse le cristal, se réfléchit sur le miroir, retraverse le cristal, puis l'analyseur, qui fait ici réellement fonction d'analyseur. Tout se passe donc comme si le cristal avait une épaisseur *double* de celle qu'il a en réalité, et bien des cristaux prennent une teinte qu'il est facile de comparer à celles du quartz du comparateur. La coloration se produit d'autant plus facilement que le même Nicol jouant le rôle d'analyseur et de polariseur, on se trouve dans le cas où l'analyseur et le polariseur ont leurs sections principales parallèles; on obtient donc des teintes complémentaires qui se produisent pour des retards inférieurs à ceux donnant les teintes directes.

Dans ce procédé, la glace réfléchissant la lumière doit être fort petite, et il est préférable d'employer un Nicol dont les faces ne sont pas perpendiculaires à l'axe du microscope, pour éviter l'intervention de la lumière réfléchie sur la première face du Nicol.

Note sur une forme naissante du quartz.

Par Fréd. Wallerant.

Au cours de ses belles recherches sur l'origine de la silice cristallisée dans les couches sédimentaires du bassin de Paris, M. Munier-Chalmas a rencontré des cristaux de quartz de forme particulière dont il a bien voulu me confier

l'examen. Ces cristaux, qui offrent les faces habituelles du quartz p, $e^{1/2}$, e^2, sont implantés par l'extrémité de l'une de leur pyramide sur des masses calcaires résultant de la substitution de la calcite au gypse. Quelquefois isolés, ils sont généralement maclés ou disposés en bouquets, mais presque toujours l'extrémité de la pyramide supérieure fait défaut et il en résulte une cavité qui se prolonge au milieu du prisme e^2. Quand les cristaux sont accolés, maclés, cette cavité présente une forme très complexe, difficile à analyser ; il n'en est plus de même quand le cristal est simple, et il se montre avec toutes les apparences d'une trémie.

La figure 1 montrant un cristal vu de face, de façon à ce que l'œil plonge dans la cavité, et à côté une section

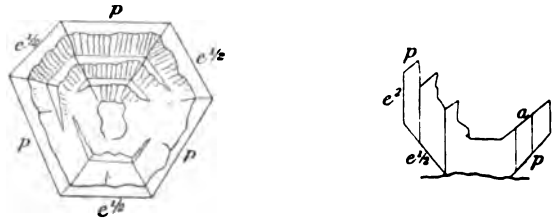


Fig. 1.

longitudinale permettra de se rendre facilement compte des différentes particularités. Les bords de la cavité sont souvent formés par des fragments des faces p et $e^{1/2}$; aussi a-t-elle grossièrement la forme d'une pyramide hexagonale en creux, dont les parois correspondent à chacune des faces de la pyramide absente. Ces parois se présentent avec deux aspects différents. Les unes, comme celles indiquées en a dans la section, sont continues et absolument lisses comme une face naturelle. Dans ce cas, si cette paroi est adjacente à une face $e^{1/2}$, elle est parallèle à la face p opposée, et inversement ; dans les deux cas, elle

est parallèle à une face de la pyramide hexagonale absente. Sur ces parois, on constate fréquemment l'existence de fragments de lamelles très minces, lamelles de clivage parallèles à la paroi, montrant que le dépôt s'est produit par couches successives.

D'autres parois se décomposent en gradins, dont le nombre est très variable et qui donnent au cristal cette apparence de trémie dont j'ai parlé plus haut. La face supérieure des gradins, complètement lisse, est parallèle à la face de la pyramide adjacente à la paroi ; ici encore, on constate que le dépôt s'est fait par couches successives. Au contraire, les faces verticales des gradins sont chagrinées, très irrégulières, et l'accroissement s'y est produit d'une façon quelconque. Ces gradins peuvent d'ailleurs se continuer sur les parois voisines, ils correspondent à autant de cristaux, s'encapuchonnant les uns les autres.

Mais c'est surtout l'extrémité inférieure, servant à l'insertion du cristal sur la masse calcaire, qui présente des particularités intéressantes. Cette extrémité ne se termine pas en général par la pyramide hexagonale p, $e^{1/2}$ habituelle, mais par une pyramide hexagonale plus ou moins surbaissée dont les faces se décomposent en gradins. La figure 2 (gross. 10) représente une de ces pyramides et chacune des stries à forme hexagonale correspond aux plans de séparation de deux quartz encapuchonnés. Comme le cristal est plongé dans le beaume de Canada, dont l'indice se rapproche beaucoup de l'indice moyen du quartz, bien des particularités disparaissent et la pyramide offre une apparence de régularité qu'elle est loin de posséder. On pourrait croire en effet qu'elle est constituée simplement par la superposition de lamelles hexagonales, de notation a^1 de plus en plus petites, tandis qu'en réalité les seules

faces que l'on rencontre sont, ici, comme dans la cavité intérieure, les faces p et $e^{1/2}$. Comme le montre la figure 2, chaque prisme hexagonal creux, constituant un cristal de quartz, se termine à son extrémité inférieure par une face p ou une face $e^{1/2}$. Quelquefois, les faces p des différents cristaux sont dans un même plan et il en résulte une seule face p pour l'assemblage, mais le plus souvent elles sont à des hauteurs différentes et il en résulte une série de gradins d'autant plus accentués que les cristaux présentent à

Fig. 2.

leur face intérieure une cavité irrégulière se prolongeant plus ou moins profondément et limitée par la face e^2 du cristal suivant.

Si aux caractères précédents on ajoute que les faces e^2 sont toujours très réduites, on voit que ces cristaux présentent tous les caractères des trémies. Ce sont en effet

des cristaux en voie de formation, développés dans des conditions peu favorables à la cristallisation, en ce sens qu'il a dû se produire bien des arrêts. Comme me l'a fait remarquer M. Munier-Chalmas, il *paraît* s'être formé tout d'abord une lamelle hexagonale microscopique sur laquelle s'est déposée une première enveloppe ayant la forme d'un prisme hexagonal creux, et à chaque période de cristallisation, il s'est formé une nouvelle enveloppe semblable à la première.

Sur le corindon de l'arrondissement de Biella (Italie).

Par M. Ferdinand Gonnard.

Un industriel lyonnais, M. Durrschmidt père, fabricant de meules en émeri, m'ayant demandé, il y a environ cinq ans, si je pourrais lui indiquer un gisement de corindon qui lui permît de se procurer ce minéral à meilleur compte que le corindon de la Caroline, je lui conseillai de tenter l'exploitation du gisement découvert aux environs de Biella, par M. l'ingénieur Muthuon, et qui a été l'objet d'une note de Lelièvre, insérée dans le *Journal des Mines* (1812, — pages 127 et suivantes).

M. Durrschmidt a suivi mon conseil, et a fait exploiter ce gisement, qui, l'an dernier, lui a fourni environ 2.000 kilos de corindon. Grâce aux renseignements que m'a donnés récemment son fils, je puis rectifier et compléter les données que présentent à ce sujet les divers traités de minéralogie.

Une première rectification est à faire tout d'abord quant à la localité. Le corindon en question ne se trouve ni à

Mozzo, ni à Etenengo, comme l'indique le mémoire de Lelièvre. Cette dernière localité n'existe même pas dans la région. On ne trouve que la localité de Pettinengo sur la carte de l'état-major italien au $\frac{1}{25.000}$ (1884). En réalité, le gisement découvert par Muthuon est situé à une certaine distance de Mosso Santa Maria; et voici, pour préciser, comment on y arrive, en partant de Mosso. La route passe au petit hameau dit « Valle superiore di Mosso », puis laisse à droite celui de Trivero. Le point culminant de cette route est à l'endroit dit « Bocchetta di Stavello » (1.206 mètres d'altitude), col entre la pointe de San Bernardo et celle del Tirolo. On descend ensuite jusqu'au pont nommé, par erreur, « ponte di Barbero » sur la vieille carte d'état-major au $\frac{1}{50.000}$, publiée en 1854 et revisée en 1875, et qui, exactement, porte le nom de « ponte della Babbiera » (à 692 mètres); on remonte après cela en passant près de l'alpe Barbero. C'est à environ 150 mètres en amont du pont que l'on commence à voir un filon de feldspath blanc, qui, à la surface, ne contient pas de corindon, et dont on peut apercevoir la continuation au fond du torrent de la Sessera, que le sentier domine de près de 30 mètres. Le filon de feldspath corindonifère apparaît à 200 mètres du pont, à une altitude de 900 mètres; la direction en est, d'une manière générale, à peu près parallèle à celle de la Sessera, abstraction faite des méandres du torrent.

Ce filon se montre d'abord sur une longueur de 65 mètres; on a désigné ce premier champ d'exploitation sous le nom de filon de Foggia. Après une interruption de près de 400 mètres, il reparaît sous l'Alpe Ainès, à 80 mètres au-dessus de la Sessera; on a appelé filon de la Sessera ce second champ d'exploitation. En somme, on peut dire que

le gisement de corindon est, à présent, reconnu sur une longueur d'environ 500 mètres.

Le filon de Foggia donne un corindon gris clair; l'extraction en est difficile à cause de la dureté de la roche, et il y est disséminé assez irrégulièrement. Aussi est-il, au moins momentanément, abandonné pour celui de la Sessera. Ici, le corindon d'un brun foncé se trouve dans un feldspath altéré, qu'on peut exploiter au pic; de plus, il paraît abondant, et ses cristaux atteignent parfois un assez gros volume. M. Durrschmidt m'en a montré dont le poids dépasse 5 kilogrammes! Un de ces cristaux offre un beau miroir de glissement.

Je ne rappellerai pas ici les analyses de Vauquelin (1), de Rocholl (2) ou d'Alf. Cossa (3). Le corindon de Foggia ou de la Sessera est très pur; il contient jusqu'à près de 95 0/0 d'alumine. Cossa fait remarquer que, contrairement à ce qui a lieu pour le corindon de l'Inde, il n'existe pas traces de magnétite dans celui de Foggia.

Dufrénoy, en mentionnant la découverte de Muthuon, qu'il attribue à tort à Lelièvre (*Traité de Minéralogie*, 2e édition, 1856; 2e vol., p. 256), reproduit l'assertion d'Haüy touchant l'absence de clivages que présente le corindon de ce gisement. Cette assertion mérite une explication. Il est très exact que le corindon gris clair d'une des extrémités exploitées du filon, je veux dire celui auquel M. Durrschmidt a donné le nom de filon de Foggia, est compacte et ne présente pas de clivages. Mais l'autre extrémité, qui a reçu le nom de filon de la Sessera, pour la facilité du

(1) *Journal de Phys. et de Chim.*, de Lamétherie, — LXXIV. Paris, 1812, p. 463.

(2) *Rammelsberg, Handl. Mineralchem*, 1875, p. 576.

(3) *Ricerche Chemice e Microscopiche in roccie e minerali d'Italia 1875-1880.* — *Torino 1881*, p. 64-68. *Feldispathe corindonifero della Biellese.*

langage, et qui n'est distante de la première que d'environ 400 mètres, comme je l'ai dit précédemment, fournit au contraire un corindon qui se clive admirablement. On trouve aisément dans les envois de la mine le pseudo-octaèdre pa^1 plus ou moins complet, comme dans la sidérose, la diallogite et la giobertite. Il est donc certain que Muthuon n'a connu et envoyé à Lelièvre que les cristaux assez irréguliers du filon de Foggia.

Grâce à l'obligeance de M. Durrschmidt fils, j'ai pu examiner un très grand nombre d'échantillons de la Sessera. Parmi eux, j'ai eu la bonne fortune de rencontrer quelques cristaux entiers et très nets, ayant 15 à 26 millimètres, suivant l'axe ternaire, et 8 à 12 suivant les axes binaires. La combinaison qu'ils offrent est $pa^1d^1e_3$. Mais le plus grand nombre d'entre eux ne montrent que pa^1d^1 ou simplement a^1d^1. Quelques-uns de ces derniers sont parfois aplatis suivant deux faces d^1 parallèles, et montrent une rectitude de faces et d'arêtes bien rare dans cette espèce minérale. J'ai pu, avec ces cristaux, obtenir au goniomètre d'application des valeurs d'angles différant à peine de quelques minutes de celles calculées, soit, par exemple :

		Observé.		Calculé.
pp	=	86°15′	—	86°4′
pa'	=	122°30′	—	122°26′
pd^1	=	137°15′	—	136°58′
pe_3	=	119°	—	118°49′
e_3e_3adj	=	128°	—	128°2′

Les cristaux de la Sessera présentent presque constamment, sinon sur trois des six angles trièdres de chaque base, au moins sur un ou deux d'entre eux, les faces p plus ou moins développées; et quand celles-ci n'existent

pas, les stries caractéristiques à cette espèce indiquent sur quels angles elles pourraient apparaître.

En terminant cette courte notice, je dois ajouter que des indices de corindon ont encore été reconnus par M. Durrschmidt fils dans les montagnes de Crevacuore, commune de Caprile, à environ 1.700 mètres d'altitude.

Lyon, le 10 mai 1897.

F. Gonnard.

Nota. — Les minéralogistes, que le sujet de la note ci-dessus intéresserait, pourront consulter les ouvrages suivants :

1° *Cenni di statistica Mineralogica degli stati di S. M. il re di Sardegnia, per cura di Vincenzo Barelli. — Torino, 1835.*

2° *I Tesori sotterranei dell' Italia, per Guglielmo Jervis. — Roma, Torino, Firenze, 1873.*

Note rectificative.

J'ai publié dans le *Bulletin de la Société* (tome XVI, nos 1 et 2, 1893) une courte note sur un cristal de pinite de Saint-Pardoux (Puy-de-Dôme), où j'indiquais une face nouvelle a^n, dont l'angle avec p est de 115°30′, mesuré au goniomètre d'application.

Avec $n = \frac{9}{20}$ on arrive à $pa^n = 115°19'$, valeur très voisine de celle observée ; j'avais indiqué également ce der-

nier résultat, auquel je n'ai pu arriver qu'en faisant $n = \frac{9}{20}$. Or, par une erreur que je ne m'explique pas, et à laquelle je n'ai pas pris garde en corrigeant mes épreuves, j'ai, malgré l'accord des deux valeurs observée et calculée par moi, noté la nouvelle face $a^{9/9}$. M. le professeur A. Cathrein vient de me signaler cette erreur; je m'empresse donc de la rectifier et d'adresser en même temps mes remerciements au savant professeur d'Innsbruck pour son obligeance.

J'ajouterai que M. Cathrein pense que, vu le procédé de mesure et la petitesse de la face, le symbole de la nouvelle face pourrait être simplifié et se remplacer par $a^{1/2}$. Je me bornerai à faire remarquer qu'entre $pa^{1/2} = 117°44'$ et $pa^{9/20} = 115°19'$, la différence est assez grande pour que, même au goniomètre d'application, on puisse l'apprécier.

Lyon, 6 juin 1897.

F. Gonnard.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE

ANNÉE 1897. — BULLETIN N° 6.

Compte rendu de la séance du 10 juin 1897.

PRÉSIDENCE DE M. LE CHATELIER.

M. le Président proclame membre de la Société :

M. Georges BÉNIER, ingénieur civil, présenté par MM. A. Damour et Stuer.

M. A. Damour fait la communication suivante :

Sur l'association de l'anthracite et de la pyrophyllite aux émeraudes de la Colombie.

Par M. A. DAMOUR.

On sait que les gîtes d'émeraude de la Nouvelle-Grenade et notamment celui de Muso, près Bogota, appartiennent au terrain infra-crétacé (Néocomien) caractérisé

par la présence de divers fossiles et notamment par des ammonites. L'émeraude, en cristaux très nets, s'y montre implantée sur un calcaire cristallin accompagné d'un schiste noir. Elle y est parfois associée à un minéral encore rose, désigné sous le nom de parisite (carbonate de cérium, de lanthane et de didyme).

M. Bénier, ingénieur civil des Mines, ayant fait récemment une exploration géologique en ces contrées de l'Amérique du Sud, a rapporté des échantillons de roches recueillies sur ces mêmes gîtes d'émeraude et dans lesquels on voit intercalés de petits grains d'un noir éclatant, presque métallique et pouvant, au premier aspect, être confondus avec les minerais du cérium, connus sous les noms d'allanite et d'orthite. M. Bénier m'a demandé d'en faire l'examen; voici ce que j'ai observé sur ce minéral :

Amorphe, fragile, couleur noir opaque. Rayant le calcaire, rayé par une pointe d'acier. Densité = 1,64.

Chauffé à la flamme du chalumeau, il rougit et ne fond pas. Il ne colore pas les flux.

Chauffé au rouge sombre dans un mélange de nitre et de carbonate de soude, il fuse et brûle rapidement, ne laissant qu'un très faible résidu argileux.

Ces caractères permettent donc de rapporter ce minéral à l'anthracite.

Sur la même roche, on observe des pyrites de fer accompagnant des nodules aplatis d'un minéral fibreux de couleur blanc verdâtre, teinté en certaines places, de rouille ferrugineuse.

Ce minéral est très tendre, onctueux au toucher comme le talc. Il dégage un peu d'eau dans le matras chauffé. Sa densité est : 2,74. Les acides ne l'attaquent pas.

Chauffé au rouge vif, il se gonfle beaucoup, s'expolie et ne fond que très difficilement sur les plus minces éclats.

L'analyse m'a donné, pour sa composition, les résultats suivants :

Silice	= 63,56
Alumine	= 29,16
Oxyde ferrique	= 1,68
Traces de chaux et de magnésie, eau et matière volatile	= 6,36
	100,76

Cette composition exprimée par la formule approximative $\ddot{\mathrm{Al}}\,\dot{\mathrm{Si}}^4 + \overline{\mathrm{H}}$ est bien celle qu'ont donnée MM. Hermann, Rammelsberg, Sjögren, Berlin et Genth, pour les pyrophyllites de Berezowsk, d'Ottrez, de Westana et de Chesterfield.

On peut ainsi compter parmi les minéraux associés à l'émeraude de la Nouvelle-Grenade : le calcaire cristallin, le schiste charbonneux, l'anthracite, la pyrite de fer, la parisite et la pyrophyllite.

10 juin 1897.

L'association de l'anthracite aux émeraudes déjà signalée en 1892, par M. Jannettaz (1), se trouve encore confirmée par les échantillons présentés aujourd'hui à la Société.

---

(1) *Bulletin de la Société française de Minéralogie*, mai-juin 1892.

Sur la production artificielle de la laurionite et de composés isomorphes avec celle-ci.

Par M. A. de Schulten.

La laurionite, oxychlorure de plomb, ayant la formule PbClOH et cristallisant en prismes orthorhombiques, se trouve dans les scories de plomb des mines du Laurium, en Grèce. Elle a été étudiée par M. Köchlin (1) et G. vom Rath (2).

J'ai obtenu la laurionite par le procédé suivant :

On dissout 1 kilogramme d'acétate neutre de plomb dans 2,5 litres d'eau, on chauffe la solution à l'ébullition, on ajoute une solution chaude de 50 grammes de chlorure de sodium dans 250 centimètres cubes d'eau, on filtre rapidement et on chauffe la liqueur filtrée, au bain-marie, dans un vase à précipiter, pendant 12 à 16 heures. Au bout de ce temps il s'est formé un dépôt de laurionite très bien cristallisée et parfaitement pure. On lave les cristaux avec de l'eau froide, puis avec de l'alcool et de l'éther.

L'analyse des cristaux a donné :

	Trouvé.	Calculé pour PbClOH.
Pb	79,86	79,77
Cl	13,57	13,67
H^2O	3,34	3,47
O (par diff.)	3,23	3,09
	100,00	100,00

(1) *Annalen des k. k. naturhist. Hofmuseums in Wien*, 1887, 2, p. 185.
(2) *Zeitschrift für Krystallographie*, t. XVII, p. 105.

Les cristaux sont lentement attaqués par l'eau froide. Par ébullition avec de l'eau ils deviennent bientôt ternes; chauffés à 100° ils ne subissent aucun changement de composition. Chauffés au rouge sombre ils perdent de l'eau, puis ils fondent. Le culot est formé de longs prismes enchevêtrés d'un oxychlorure de plomb que je me propose d'étudier plus tard.

La densité des cristaux est de 6,241 à 15°. Leur volume moléculaire est par conséquent 41,6. La densité de la laurionite naturelle n'a pas été déterminée. La laurionite artificielle est en prismes orthorhombiques, incolores, transparents et doués d'un éclat adamantin. Les plus gros cristaux sont longs de 1 à 2 millimètres et épais d'environ $0^{mm},1$. On observe les faces *m* (110), dominante, g^2 (120) et e^2 (012). Je donne ici les angles des normales que j'ai mesurés et les angles correspondants du minéral naturel déduits des mesures de M. Köchlin :

		Cristaux artificiels.		
		Observé.	Calculé.	Cristaux naturels.
mm	(110) $(1\bar{1}0)$	*107°15′		107°32′
g^2g^2	(120) $(1\bar{2}0)$	68°32′	68°20′	68°40′
e^2e^2	(012) $(0\bar{1}2)$	*44°46′		45° 9′

Le rapport des axes est :

$$a : b : c = 0,7366 : 1 : 0,8237.$$

Si l'on observe un cristal reposant sur la face *m* en lumière polarisée convergente on ne voit pas d'axe optique. L'allongement est négatif. La biréfringence est d'environ 0,05.

L'intervention d'une température élevée n'est pas nécessaire à la production de la laurionite, bien qu'elle favorise la formation de cristaux nets de ce composé. Si l'on fait agir à froid une petite quantité de chlorure de sodium sur un excès d'acétate neutre de plomb en solution aqueuse on obtient, au bout de quelque temps, des cristaux ayant la composition de la laurionite et tout à fait semblables aux cristaux formés à chaud, si la cristallisation s'est effectuée très lentement. Si les cristaux se sont formés trop vite, les faces e^2 sont supprimées et les faces du prisme deviennent convexes.

Si dans la préparation de la laurionite indiquée au commencement de cette note, on substitue au chlorure de sodium 50 grammes de bromure de sodium, on obtient des cristaux de laurionite bromée. La cristallisation est terminée au bout de 12 heures.

L'analyse des cristaux a donné :

	Trouvé.	Calculé pour Pb Br OH.
Pb	68,03	68,09
Br	26,13	26,32
H^2O	2,99	2,96
O (par diff.)	2,85	2,63
	100,00	100,00

Les cristaux sont attaqués par l'eau, mais moins vite que le composé chloré. Chauffés au rouge ils perdent de l'eau et fondent. La masse refroidie est bien cristallisée.

La densité des cristaux est de 6,721 à 15°. Leur volume moléculaire est ainsi égal à 45,2.

La laurionite bromée est en prismes orthorhombiques légèrement colorés en jaune, transparents et doués d'un

éclat adamantin. Ils ont les mêmes dimensions et offrent les mêmes faces que le composé chloré.

		Angles des normales.	
		Observé.	Calculé.
mm	(110) $(1\bar{1}0)$	*107°40′	
g^2g^2	(120) $(1\bar{2}0)$	68°50′	68°44′
e^2e^2	(012) $(0\bar{1}2)$	*43°49′	

Le rapport des axes est :

$$a : b : c = 0{,}7310 : 1 : 0{,}8043.$$

Si l'on observe un cristal reposant sur la face *m* en lumière polarisée convergente, on voit un axe optique. Le plan des axes est parallèle à la base. L'allongement est négatif.

La laurionite bromée s'obtient aussi à froid dans les mêmes conditions que le composé chloré.

On obtient de la laurionite iodée en opérant de la manière suivante. On dissout 400 grammes d'acétate neutre de plomb dans 1 litre d'eau, on chauffe à l'ébullition, on ajoute 30 à 40 centimètres cubes d'acide acétique cristallisable, puis une solution bien chaude de 20 grammes d'iodure de potassium dans 100 centimètres cubes d'eau, on filtre, on recueille la liqueur filtrée dans un verre à précipiter renfermant 1 litre d'eau bouillante et on chauffe la liqueur au bain-marie. La cristallisation est terminée au bout de 5 à 8 heures.

L'analyse des cristaux a donné :

	Trouvé.	Calculé pour Pb I OH.
Pb	58,83	58,99
I	35,97	36,17
H^2O	2,65	2,56
O (par diff.)	2,55	2,28
	100,00	100,00

Les cristaux ne sont pas attaqués par l'eau. Chauffés au rouge, ils perdent leur eau et fondent en émettant des vapeurs d'iode. Pour la détermination de l'eau, j'ai chauffé la matière avec un excès d'oxyde de plomb.

La densité des cristaux est de 6,827 à 15°. Leur volume moléculaire est ainsi égal à 51,4.

La laurionite iodée est en prismes orthorhombiques jaunâtres, limpides et doués d'éclat adamantin. Ils atteignent environ 1 millimètre de longueur et $0^{mm},5$ d'épaisseur. Ils offrent les mêmes faces que le composé chloré.

		Angles des normales.	
		Observé.	Calculé.
mm	(110) (1$\bar{1}$0)	*106°25′	
g^2g^2	(120) (1$\bar{2}$0)	67°39′	67°32′
e^2e^2	(012) (0$\bar{1}$2)	*44° 0′	

Le rapport des axes est :

$$a : b : c = 0,7476 : 1 : 0,8081.$$

Les propriétés optiques concordent avec celles que j'ai signalées chez la laurionite bromée.

La laurionite iodée se produit à froid dans les mêmes conditions que la laurionite chlorée.

Si l'on compare les rapports des axes des trois composés isomorphes que je viens de décrire, on voit que le composé bromé se rapproche du composé chloré par la longueur de l'axe *a*, tandis qu'il se rapproche du composé iodé par la longueur de l'axe *c*.

Sur la production artificielle à la température ordinaire de la phosgénite et de la phosgénite bromée.

Par M. A. de Schulten.

Des cristaux très nets de phosgénite ont été obtenus en 1881 par MM. Friedel et Sarasin (1) en chauffant un mélange de chlorure et de carbonate de plomb avec de l'eau, en tube clos, à 180°.

Les conditions dans lesquelles s'est effectuée la cristallisation de la phosgénite naturelle en certaines localités sont telles que l'intervention d'une température élevée paraît exclue. Guidé par cette indication de la nature, je suis parvenu à réaliser la synthèse de la phosgénite à la température ordinaire par un procédé des plus simples. On n'a qu'à mettre une solution aqueuse de chlorure de plomb en contact avec une atmosphère d'acide carbonique, pendant quelque temps, pour voir s'engendrer de petits cristaux de phosgénite d'une grande netteté. Pour obtenir un produit qui ne soit pas souillé par du chlorure de plomb, il convient d'opérer de la manière suivante. Dans un bassin de 3 litres on met 1,5 litre d'une solution aqueuse de chlorure de

(1) *Bul. Soc. Min.*, t. IV, p. 176.

plomb saturée à froid, on ajoute 1 litre d'eau récemment bouillie et on fait passer un courant lent d'acide carbonique dans l'espace vide du ballon. Au bout de vingt-quatre heures, il s'est formé des cristaux de phosgénite dont la plus grande partie nage sur la surface du liquide. On lave les cristaux rapidement avec de l'eau froide, puis avec de l'alcool et de l'éther.

L'analyse des cristaux a fourni les nombres suivants qui conduisent à la formule de la phosgénite $PbCO^3$, $PbCl^2$:

	Trouvé.	Calculé.
Pb	75,97	75,97
Cl	13,03	13,01
CO^2	8,21	8,08
O (par diff.)	2,79	2,94
	100,00	100,00

Laissés en contact avec de l'eau, les cristaux deviennent vite ternes.

La densité des cristaux est de 6,134 à 15°. Le volume moléculaire est ainsi égal à 88,8.

La phosgénite artificielle est en pyramides ou prismes quadratiques, transparents et doués d'un vif éclat. On observe les faces $p(001)$, $b^{1/2}(111)$, $m(110)$, $h^1(100)$ et de petites facettes d'un octaèdre sur les angles. Les faces dominantes sont généralement $b^{1/2}$, chez les cristaux nageant sur la surface du liquide, et p chez les cristaux qui se sont déposés au fond du ballon. Les cristaux sont à un axe et positifs. Les cristaux aplatis suivant p atteignent $0^{mm},16$ de diamètre.

La phosgénite bromée s'obtient par la substitution du bromure de plomb au chlorure dans la préparation du

composé chloré que je viens de décrire. Si l'on fait agir l'acide carbonique trop longtemps sur la solution de bromure de plomb, les cristaux de phosgénite bromée prennent une teinte noirâtre par suite d'une légère réduction, fait que je n'ai pas encore pu élucider.

L'analyse des cristaux a donné les nombres suivants. qui conduisent à la formule $PbCO^2$, $PbBr^2$.

	Trouvé.	Calculé.
Pb	65,21	65,30
Br	25,53	25,23
CO^2	6,65	6,94
O (par diff.)	2,61	2,53
	100,00	100,00

La phosgénite bromée est attaquée par l'eau froide comme le composé chloré, mais moins vite que celui-ci.

La densité des cristaux est de 6,550 à 15°. Le volume moléculaire est ainsi égal à 96,8.

La phosgénite bromée est en cristaux quadratiques, incolores et transparents, ayant les mêmes dimensions et les mêmes propriétés cristallographiques et optiques que celles signalées par moi chez la phosgénite chlorée.

Toutes mes tentatives d'appliquer le procédé que je viens de décrire à la production d'une phosgénite iodée sont restées infructueuses.

Production artificielle simultanée de la laurionite, de la phosgénite et de la cérusite.

Par M. A. de Schulten.

On sait que la laurionite se trouve associée à la phosgénite et à la cérusite à Laurium où ces minéraux se sont évidemment formés par l'action de l'eau de mer et de l'air sur des scories de plomb. Ayant réussi à préparer artificiellement la laurionite et la phosgénite dans des conditions qui ont présidé à leur formation à Laurium, j'ai voulu essayer de produire ces deux espèces minérales et la cérusite associées.

A cet effet, je dissous 20 grammes d'acétate neutre de plomb dans 1 litre d'eau, j'ajoute une solution de 2 grammes de chlorure de sodium et j'abandonne la liqueur filtrée au repos dans un grand ballon en faisant passer un courant très lent d'acide carbonique dans l'espace vide du ballon. Bientôt on voit se former sur les parois du ballon et sur la surface du liquide des cristaux brillants de laurionite, et, au bout de quelque temps, on voit apparaître des cristaux nets de phosgénite s'associant à la laurionite. En continuant de faire passer le courant d'acide carbonique, on voit la laurionite disparaître peu à peu des endroits qui sont le plus exposés à l'action de l'acide carbonique, et maintenant apparaissent de petits cristaux de cérusite présentant les faces $b^{1/2}(111)$ et $m(110)$ et tous maclés suivant m, qui se déposent sur la phosgénite. La laurionite subsistant encore intacte dans les parties inférieures du ballon, celui-ci renferme ainsi maintenant tous les trois minéraux en question associés.

Si l'on continue encore de faire agir l'acide carbonique sur le contenu du ballon, la quantité de phosgénite paraît diminuer, tandis que les cristaux de cérusite deviennent plus volumineux. Des expériences faites sur la laurionite et la phosgénite artificielles prises isolément m'ont, d'ailleurs, montré que, par l'action de l'acide carbonique en présence de l'eau, la laurionite est transformée en phosgénite et que la phosgénite, à son tour, cède la place à la cérusite.

Sur la production des carbonates cristallisés de cadmium et de manganèse (diallogite artificielle).

Par M. A. de Schulten.

Déjà en 1887, M. L. Bourgeois (1) a réussi à produire le carbonate de cadmium cristallisé en rhomboèdres, en chauffant du carbonate de cadmium amorphe avec une solution de chlorure d'ammonium en tube scellé à 150-180°.

En 1888, j'avais tenté, mais sans succès, de faire cristalliser le carbonate de cadmium en appliquant la méthode qui avait fourni à de Senarmont (2) des carbonates cristallisés de plusieurs autres métaux de la série magnésienne : l'action du carbonate de calcium sur une solution de chlorure de cadmium, en vase clos, à 200°, donne un oxychlorure de cadmium au lieu du carbonate de ce métal (3).

(1) *Comptes rendus*, t. CIII, p. 1.088.
(2) *Comptes rendus*, t. XXXII, p. 409.
(3) *Comptes rendus*, t. CVI, p. 1.674.

Des expériences récentes m'ont montré que le carbonate de cadmium cristallisé s'obtient aisément par application du procédé qui m'a fourni la malachite en 1889 (1). On ajoute à une solution de chlorure de cadmium, de concentration moyenne, du carbonate d'ammonium en excès, puis de l'ammoniaque jusqu'à ce que tout le carbonate de cadmium précipité soit dissous, on étend fortement la solution avec de l'eau et on chauffe la liqueur au bain-marie, dans un ballon ouvert ou dans un verre à précipiter. A mesure que l'ammoniaque se dégage, il se dépose sur les parois du vase des cristaux brillants de carbonate de cadmium.

L'analyse des cristaux a donné :

	Trouvé.	Calculé pour $CdCO^3$.
CdO	74,51	74,43
CO^2	25,10	25,57
	99,61	100,00

Si l'on chauffe les cristaux au rouge, ils se transforment en oxyde noir de cadmium sans que leur forme extérieure change.

La densité des cristaux est de 4,960 à 15°.

Le carbonate de cadmium est en rhomboèdres simples, transparents, qui atteignent de $0^{mm},1$ à $0^{mm},2$ de longueur.

L'angle aigu de la face *p* est égal à environ 77°30′ et l'angle des normales *pp* est ainsi égal à environ 74°.

Le carbonate de manganèse a été obtenu par de Senarmont sous forme de poudre cristalline par le chauffage en tube scellé à 160°, pendant quelques jours, d'un mélange

(1) *Comptes rendus*, t. CX, p. 202.

de chlorure de manganèse et de carbonate de sodium en solution aqueuse.

Si dans la préparation du carbonate de cadmium cristallisé que je viens de décrire, on substitue au chlorure de cadmium du chlorure de manganèse, on obtient de très petits cristaux ayant l'apparence de rhomboèdres, mais il est difficile d'éviter que le précipité ne s'oxyde à l'air en prenant une teinte brunâtre.

On obtient du carbonate de manganèse cristallisé pur si l'on fait bouillir la solution du carbonate de manganèse précipité dans l'eau saturée d'acide carbonique. Pour éviter l'oxydation des cristaux il faut avoir soin de ne pas chauffer la liqueur trop longtemps. Les cristaux obtenus de cette façon sont trop petits pour pouvoir être déterminés. J'ai obtenu de plus grands cristaux par ce procédé en me servant de l'appareil qui m'a permis de produire des cristaux de malachite au moyen d'une solution de carbonate de cuivre dans l'eau saturée d'acide carbonique (1).

L'analyse des cristaux a donné :

	Trouvé.	Calculé pour MnCO.
MnO	61,56	61,74
CO^2	37,82	38,26
	99,38	100,00

Les cristaux ne sont attaqués que lentement par les acides étendus, chauffés au rouge, à l'air, ils se transforment en oxyde manganoso-manganique noir en conservant leur forme extérieure.

(1) *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 1.352.

La densité des cristaux est de 3,65.

La diallogite artificielle se présente en rhomboèdres simples, transparents, brillants et presque incolores. Ils atteignent $0^{mm},03$ de longueur. L'angle aigu de la face *p* est égal à environ 77°10′ et l'angle des normales *pp* est ainsi égal à environ 73°25′. Les cristaux sont négatifs.

Revue des espèces minérales nouvelles.

Bixbyite. — Minéral cubique et présentant les formes *p* (001) et a^2 (112). Traces de clivage octaédrique. Couleur noire ; éclat métallique. Poussière noire. Densité 4,945. Dureté 6 à 6,5.

La bixbyite fond à la flamme du chalumeau en donnant un globule magnétique. Réduite en poudre très fine, elle se dissout avec difficulté dans l'acide chlorhydrique avec dégagement de chlore.

L'analyse a donné les résultats suivants :

	I	II	Moyenne.
SiO^2	1,24	1,19	1,21
Al^2O^3	2,57	2,48	2,53
Fe^2O^3	47,81	48,15	47,98
TiO^2	1,62	1,78	1,70
MnO	42,08	42,02	42,05
MgO	0,12	0,09	0,10
O	4,37	4,39	4,38

La silice et l'alumine sont considérées comme des impuretés.

On peut regarder le minéral comme répondant à la formule $FeMnO^3$, la quantité d'oxygène 4,37 permettant de transformer MnO en Mn^2O^3 ; mais par analogie avec

Fe^2O^3, le minéral devrait être rhomboédrique, or il est cubique et par conséquent il vaut mieux le rapprocher de la perowskite et lui donner pour formule FeO, MnO^2.

Le titane remplacerait une petite quantité de manganèse.

La bixbyite, dédiée à M. Maynard-Bixby, a été trouvée à 35 milles sud-ouest de Simpson-Utah. Les cristaux, ayant 5 millimètres de côté environ, sont implantés sur de la topaze, sur des grenats décomposés et sur des rhyolites. Ils ont été formés sous l'action des fumeroles.

(S.-L. Penfield et H.-W. Foote, *Am. J. of S.*, 5e série, vol. IV, p. 105, août 1897.)

Rœblingite. — Ce minéral se présente en masses compactes blanches qui consistent en un agrégat de petits cristaux prismatiques. Ces derniers, examinés au microscope, s'éteignent parallèlement à leur longueur et ont une double réfraction faible. Ils sont trop petits pour que les auteurs aient pu déterminer leur système cristallin. Leur densité est 3,433 et leur dureté est inférieure à 3.

L'analyse a donné les résultats suivants :

	I	II	Moyenne.
SiO^2	23,51	23,66	23,58
SO^3	9,01	8.99	9
PbO	31,07	30,99	31,03
MnO	2,46	2.51	2,48
CaO	25,91	25,98	25,95
SrO	1,33	1,46	1,40
K^2O	0,16	0,09	0,13
Na^2O	0,43	0,36	0,40
H^2O	6,36	6,35	6,31
			100,32

La formule $H^{10}Ca^{7}Pb^{2}Si^{5}S^{2}O^{26}$ représente la composition du minéral, qui peut être considéré comme une combinaison de cinq molécules du silicate $H^{2}CaSiO^{4}$ et deux du sulfite $CaPbSO^{4}$, une petite quantité de chaux étant remplacée par le manganèse et la strontiane. C'est la première fois qu'un sulfite a été constaté dans la nature.

Fusibilité 3. Soluble dans les acides. Traité par le carbonate de sodium sur le charbon et à la flamme réductrice donne un globule de plomb.

Ce minéral, dédié à l'ingénieur Rœbling, se trouve à Franklin New Jersey, près du ou au contact d'un granit et d'un calcaire blanc, associé au grenat, à l'anatase, au zircon, à la phlogopite, à l'axinite, à la willemite, à la datholite, à la barytine, à la caswellite, à la calcite, à la pyrite, rhodonite, etc. (S.-L. Penfield et H.-W. Foote. — *Ibid.*, 4e série, t. III, p. 413, 1897.)

Wellsite. — La wellsite est monoclinique et présente des macles semblables à celles de l'harmotome et de la phillipsite. Elles présentent deux types. Le premier, qui est le plus fréquent, est représenté par des cristaux maclés suivant *p* et suivant e^{1} et terminés par une pyramide. Les cristaux du deuxième type sont maclés suivant *m*. Ils sont semblables à ceux de l'harmotome de Bowling près de Dumbarton sur la Clyde, décrits par M. A. Lacroix [1].

Les formes observées sont h^{1} (100), g^{1} (010), *p* (001) et *m* (110) avec e^{1} (011) comme plan de macle seulement.

La mesure des angles a donné :

(1) *Bulletin de la Société Minér. de France*, t. VIII, 94. 1885.

(010) (010) 90°* sur le plan de macle.
(100) (100) 73°6′* sur le plan de macle.
(010) (110) 58°19′*
(001) (100) 53°27 = β.
(001) (110) 60° 59°45′ 59°57′ Calculé : 59°33′.

$$a : b : c = 0,768 : 1 : 1,245.$$

Les cristaux sont brillants et ne montrent pas de clivage apparent.

L'éclat est vitreux. Beaucoup de cristaux sont peu colorés et presque transparents, les autres sont blancs. Dureté de 4 à 4,5. La densité varie de 2,278 à 2,366.

n_p fait un angle de 52° avec l'axe vertical dans l'angle obtus β. Double réfraction positive. n_g est bissectrice aiguë. L'angle des axes varie probablement de 120 à 130°, mais cela n'a pas été mesuré directement.

L'analyse a donné les résultats suivants :

	I		II	Moyenne.
SiO^2	43,62		44,11	43,86
Al^2O^3	25,04		24,89	24,96
BaO	5		5,15	5,07
SrO	1,12		1,18	1,15
CaO	5,76		5,84	5,80
MgO	0,61		0,62	0,62
K^2O		3,40		3,40
Na^2O		1,80		1,80
H^2O	13,32		13,39	13,35
				100,01

La formule $R''Al^2Si^2O^{10}, 3H^2O$ représente sa composition $R' = \frac{1}{7}$ Ba, $\frac{3}{7}$ Ca, $\frac{3}{7}$ K. La wellsite est donc une zéo-

lithe voisine de la phillipsite. Chauffée au chalumeau, elle s'exfolie légèrement et donne un globule blanc. Fusibilité, 2,5 à 3.

Ce minéral, dédié à M. S.-L. Well, a été trouvé à Buck Creek, dans une mine de corindon de Clay Co (Caroline du Nord).

La couche de corindon renferme de l'albite, du feldspath, de l'hornblende et est traversée par la dunite près de son contact avec le gneiss. (J.-H. Pratt et H.-W. Foote. — *Am. Journ. of Sc.*, 4e série, t. III, p. 443. 1897.)

Gersbyite. — Minéral bleu, en grains d'un millimètre, appartenant au système hexagonal ou au système rhombique. Pas de clivage.

L'analyse a donné :

	I	II
P^2O^5	32,22	32,26
Al^2O^3	47	46,68
CaO, FeO, MnO	9,43	6,66
MgO	2,40	5,33
H^2O	7,19	9,07

La formule $P^2O^5, 3RO + 3(P^2O^5, 3R^2O^3) + 17H^2O$ représente la composition de ce minéral qui est voisin de la lazulithe.

La Gersbyite a été trouvée à Dicksberg, près de Gersby, Wermland, dans des schistes quartzeux à damourite. (Igelström. — *Zeitsch. f. Kryst.*, t. XXVIII, p. 310, 1817).

Le Secrétaire, gérant, P. GAUBERT.

PARIS — IMPRIMERIE CHAIX (SUCC. B), 5, RUE DE LA SAINTE-CHAPELLE.— 1119-97.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE

ANNÉE 1897. — BULLETIN N° 7.

Compte rendu de la séance du 11 novembre 1897.

PRÉSIDENCE DE M. TERMIER.

M. LE PRÉSIDENT annonce la présentation d'un membre perpétuel.

M. AD. CARNOT fait hommage à la Société des deux notes suivantes qu'il a publiées en commun avec M. Goutal :

1° Sur l'emploi des sels cuivriques pour préparer le dosage de divers éléments dans les fontes et les aciers. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXXV, 12 juillet 1897 ;

2° Recherches sur l'état où se trouvent, dans les fontes et les aciers, les éléments autres que le carbone. *Ibid.*, 19 et 29 juillet 1897.

M. F. PISANI présente des échantillons des minéraux suivants :

1° D'*Euchaïrite* de la province de Bioga, République Argentine. Ce minéral, trouvé d'abord en Suède, où il est excessivement rare, a été rencontré récemment dans cette nouvelle localité d'Amérique, associé à l'umangite (séléniure de cuivre et de plomb), ayant la couleur de la phillipsite, ainsi qu'avec la chalcoménite, sélénite de cuivre d'un bleu d'azur. L'umangite avait été analysée par M. Pisàni avec d'autres séléniures gris (en 1879) et signalée comme une variété à part;

2° De *Tridymite* en très gros cristaux ayant jusqu'à 5 millimètres de diamètre, dans la trachyte de Pietro Montaguone, Monts Euganéens.

Sur le cinabre et l'onofrite de Ouen-Shan-Tchiang (1).

Par M. Termier.

M. Chauveau, ingénieur civil des Mines, m'a rapporté d'un voyage d'exploration en Chine d'admirables cristaux de cinabre, mêlés d'un peu d'onofrite grenue, provenant des mines de cinabre d'Ouen-Shan-Tchiang, dans la province de Koueï-Tchéou (Chine centrale). Ces mines, exploitées pour vermillon, sont ouvertes sur des veines quartzeuses, plus ou moins chargées de sulfure et de séléniure de mercure, qui traversent des calcaires compacts et durs, assez analogues aux calcaires du Trias alpin.

Le cinabre est généralement en cristaux nets; l'onofrite forme de petites mouches opaques, d'un noir de fer, à

(1) Note présentée à la séance de mars. — C'est à la suite d'une erreur dans la mise en pages que la note n'a pas été publiée dans le Bulletin précédent.

cassure grenue et éclatante. Deux analyses, faites par M. Pisani, ont donné les résultats suivants:

	Cinabre.	Onofrite.
Mercure	85,75	77,3
Soufre	13,70	10,3
Sélénium	Néant	8,4
	99,45	
Zinc (traces de fer)		1,3
		97,3

L'analyse d'onofrite a été faite sur 0gr,300 environ de matière à poussière noire, contenant encore quelques fines particules de cinabre. Un essai pour soufre fait sur une très petite quantité d'onofrite triée à la loupe n'a donné que 9,4 0/0 de soufre.

Le rapport de S + Se à Hg + Zn, dans l'onofrite analysée, est très sensiblement égal à 1. La formule du minéral est donc :

$$(Hg, Zn)\ (S, Se)$$

comme dans l'onofrite de San Onofre et dans celle de l'Utah.

Quant au cinabre, il a la composition normale, correspondant à la formule HgS.

Dans les druses des veines quartzeuses, les cristaux de cinabre atteignent parfois de grandes dimensions (jusqu'à 2 centimètres de longueur, parallèlement à l'axe ternaire); ils sont entourés, et parfois lardés, de fines aiguilles de quartz.

La forme est celle des cristaux de Nikitowka (Donetz), décrits par G. Tschermak (1) : rhomboèdres groupés par

(1) Tschermak. — *Mineralog. und petrograph. Mittheilungen*, VII, 1886, p. 361.

compénétration, l'un des deux individus ayant, par rapport à l'autre, tourné de 60° autour de l'axe ternaire.

Chacun des deux cristaux ainsi associés présente d'ailleurs les formes suivantes (le paramètre c du cinabre étant pris égal à 1,145) :

Base c	$= (0001) = a^1$	(Haüy-Lévy)
Rhomboèdre primitif r	$= (10\bar{1}1) = p$	—
— direct U	$= (30\bar{3}2) = e^8$	—
— — n	$= (20\bar{2}1) = e^5$	—

La base c est très rare. Le dernier rhomboèdre n est de beaucoup le plus développé, surtout dans les gros cristaux. La forme U, qui est une forme nouvelle du cinabre, n'apparaît pas dans tous les échantillons. Quelques cristaux montrent, en outre, sur les angles de l'hexagone en zigzag, de très petites faces $e^2 = (10\bar{1}0)$, parallèles aux clivages. Voici le tableau des angles (angles des normales, mesures faites par M. Richard) :

			Mesuré.	Calculé.
rr	ou $(10\bar{1}1)$	$(0\bar{1}11)$	87°25′	87°23′
nn	ou $(20\bar{2}1)$	$(0\bar{2}21)$	107°40′	107°56′
e^2r	ou $(01\bar{1}0)$	$(10\bar{1}1)$	66°31′	66°30′
e^2n	ou $(01\bar{1}0)$	$(20\bar{2}1)$	62°21′	62°7′
rU	ou $(10\bar{1}1)$	$(30\bar{3}2)$	10°	10°20′
rn	ou $(10\bar{1}1)$	$(20\bar{2}1)$	16°22′	16°23′
cr	ou (0001)	$(10\bar{1}1)$	53°4′	52°54′

Sur un seul cristal, j'ai observé une face, et une seule, d'hémiscalénoèdre. Cette forme est certainement très différente de la forme χ de Nikitowka $(42\bar{6}3)$. Elle est beaucoup plus aiguë et n'appartient pas à la même zone. Le symbole n'a pu en être déterminé avec précision, toutes les faces du cristal en question étant dépourvues d'éclat.

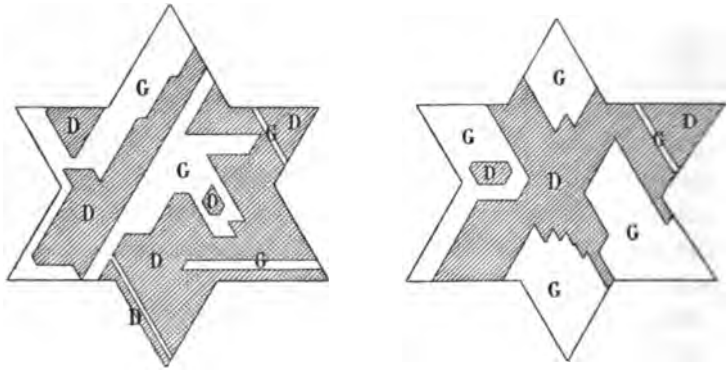
Les très petits cristaux sont seuls éclatants et bien formés. Dans les gros cristaux (de $0^{cm},5$ à 2^{cm}), les faces *r*, et surtout les faces *n*, sont striées horizontalement, ondulées, parfois cylindroïdes, le plus souvent ternes, et couvertes d'une sorte de vernis opaque, d'un rouge sombre ou d'un rouge vif. Les teintes rouge sombre et rouge vif de cet enduit alternent par bandes horizontales. La cassure de ces mêmes cristaux est lamelleuse (clivages e^2) et extrêmement éclatante.

Les axes ternaires des deux cristaux assemblés sont toujours rigoureusement parallèles; mais, de même que dans les échantillons de Nikitowka, il est rare que ces deux axes coïncident *en position*, en sorte que la figure extérieure de cet assemblage étoilé peut être plus ou moins irrégulière. En tout cas, les deux individus groupés ont toujours *les mêmes plans de clivage :* la loi du groupement est donc bien, comme à Nikitowka, une rotation de 60° autour de l'axe ternaire. Les propriétés optiques de ces assemblages sont intéressantes.

Une lame taillée perpendiculairement à l'axe ternaire et examinée en lumière naturelle, ne montre aucune division intérieure et paraît homogène. On y voit de fines cassures suivant les trois directions e^2 et des files d'inclusions noires (onofrite ?) perpendiculaires à ces cassures, c'est-à-dire parallèles aux trois faces d^1 du deuxième prisme hexagonal.

Si l'on observe la même lame en lumière parallèle entre deux nicols, on la voit divisée en deux systèmes de régions, inégalement claires, *rigoureusement limitées par des lignes parallèles aux clivages* e^2. La distribution de ces régions est très irrégulière et très variable; elle semble n'avoir aucun rapport avec la forme extérieure du groupement. Les figures ci-dessous, un peu schématiques, représentent deux types de cette distribution.

Les régions qui, en lumière parallèle, sont inégalement claires, correspondent à des rotations inégales du plan de polarisation. En faisant tourner l'analyseur, on les voit successivement s'éteindre. A la jonction de deux régions,



et dans une bande de très faible largeur parallèle à cette jonction (c'est-à-dire parallèle à une face e^2), l'extinction se déplace parallèlement à elle-même et parallèlement à e^2 au fur et à mesure que l'on tourne l'analyseur.

Chaque cristal est donc formé par l'accolement, suivant des faces e^2, de deux espèces de cinabre, différant entre elles par le sens ou la valeur de la rotation. Les faces e^2 d'accolement sont interrompues, de distance en distance, par de très petits *escaliers horizontaux* d'une largeur très uniforme : d'où les bandes à extinction progressive.

Ces déductions se vérifient par l'observation en lumière convergente. Dans certaines lames, l'un des deux systèmes de régions correspond à du cinabre droit, l'autre à du cinabre gauche : les rotations sont inverses et égales et le pouvoir rotatoire est d'environ 325°. Les bandes étroites à extinction progressive montrent fréquemment les spirales d'Airy, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

D'autres lames montrent une disposition différente.

L'extinction des deux systèmes de régions ne s'y fait pas symétriquement de part et d'autre de la position de l'analyseur qui correspond à une rotation nulle. L'un des systèmes donne une rotation droite, l'autre une rotation gauche ; mais ces rotations inverses ne sont pas égales. Il y a donc, dans l'un des systèmes, et probablement dans les deux, mélange de cinabre droit et de cinabre gauche. Les spirales d'Airy apparaissent encore quand on vise, en lumière convergente, certains points des bandes intermédiaires à extinction progressive. Parfois l'un des systèmes de régions ne présente plus de pouvoir rotatoire et on y voit. en lumière convergente, la croix noire pénétrer jusqu'au centre de l'image d'interférence.

D'après la description qu'en a donnée Tschermak, le cinabre de Nikitowka se compose, dans la plupart des cas, d'un semblable mélange, à pouvoir rotatoire très réduit, parfois même nul : mais on n'y observe pas cet accolement régulier, suivant des faces e^2, de cristaux à rotations inverses, qui semble être la caractéristique du cinabre d'Ouen-Shan-Tchiang.

Les lames taillées obliquement par rapport à l'axe ternaire, dans les cristaux d'Ouen-Shan-Tchiang, ne montrent aucune trace de groupements intimes et semblent parfaitement homogènes. Elles donnent, en lumière convergente, les images des cristaux uniaxes.

Il semble résulter de ces propriétés optiques qu'il n'y a pas réellement compénétration de deux cristaux rhomboédriques, ayant même axe ternaire et dont l'un aurait, par rapport à l'autre, tourné de 60° autour de cet axe. Au point de vue morphologique, cette définition peut paraître exacte : en réalité, et si l'on considère la structure intime des cristaux d'Ouen-Shan-Tchiang, le groupement est tout autre. Ces cristaux sont des polyèdres *hexagonaux* étoilés,

manifestant extérieurement une hémiédrie holoaxe du *système sénaire* et qui sont formés de prismes, accolés suivant des plans parallèles aux clivages, de cinabre droit pur et de cinabre gauche pur, ou encore de deux cinabres à rotations inverses, mais eux-mêmes mélangés et n'ayant qu'un pouvoir rotatoire réduit.

En d'autres termes, le cinabre d'Ouen-Shan-Tchiang, *par toutes ses propriétés*, semble être hexagonal et non pas ternaire. L'axe principal est véritablement d'ordre 6 et il y a six axes binaires dans le plan perpendiculaire.

Matériaux pour la Minéralogie de l'Algérie.

Par L. Gentil.

Le gisement zéolitique du cap Djinet (Alger).

Le cap Djinet, situé à 60 kilomètres environ à l'est d'Alger, fait partie d'un massif volcanique dans lequel M. Delage (1) a le premier signalé des zéolithes : il a déterminé de la mésotype et de la scolécite qu'il distingue par le signe de leur allongement.

De mon côté, j'ai annoncé de la mésolite et de l'apophyllite diagnostiquées par M. Damour (2) sur des échantillons provenant des caillasses d'empierrement de la ville d'Alger. M. A. Lacroix a déterminé depuis sur ces mêmes échantillons, la mésotype et l'apophyllite (3).

J'ai réuni l'hiver dernier, dans ce gisement minéralogique, de nombreux matériaux dont l'étude fait l'objet de la présente note.

(1) *Thèse de doctorat*, Montpellier, 1888, p. 164.

(2) L. Gentil. — *Sur quelques zéolites d'Algérie* (*Bull. Soc. franç. Min.*, t. XVIII, p. 374).

(3) *Minéralogie de la France et de ses colonies*, t. II, p. 271.

Le massif volcanique du cap Djinet est assez important. Il s'étend sur une dizaine de kilomètres de longueur et autant de largeur. Les zéolites se rencontrent surtout à l'ouest du massif au bord de la mer, dans une petite anse où sont ouvertes des carrières exploitées pour l'entretien des routes d'Alger.

C'est là que j'ai recueilli la majorité de mes échantillons. Une course rapide dans le reste du massif m'a permis de m'assurer de la grande dissémination de ces silicates hydratés, notamment dans les tufs qui accompagnent les filons et les coulées de laves.

I. — ZÉOLITES DANS LA ROCHE VOLCANIQUE.

La plus grande partie de mes échantillons proviennent de la carrière exploitée par M. Bonamici, dans un filon de lave ayant traversé et modifié des marnes calcarifères appartenant au Miocène inférieur (Cartennien).

Composition de la roche. — C'est une *labradorite augitique*, ainsi que l'a déterminé d'abord M. Delage (1), puis, MM. J. Curie et Flamand (1). C'est une roche compacte plus ou moins foncée. Elle montre au microscope de grands cristaux d'*augite* et de *feldspaths*. Ces derniers appartiennent à la série basique : le *labrador-bytownite* paraît dominer; on y rencontre aussi de la *bytownite* et de l'*anorthite*.

La pâte microlitique est constituée par de longs microlites de *labrador* et de *labrador-bytownite* associés à des microlites *augitiques* et des microlites de *magnétite* disséminés. Les produits secondaires sont abondants : des produits chloriteux (*delessite*...), de la *calcite* et des *zéolites*.

Enclave quartzeuse. — J'ai observé dans cette roche une enclave de quartz. Celui-ci se montre craquelé ou fondu.

(1) *Étude succincte sur les roches éruptives de l'Algérie*, Alger, 1889, p. 23.

Le *verre* résultant de cette fusion montre fréquemment des inclusions gazeuses; ailleurs il a subi un commencement de recristallisation en fibres très fines d'allongement positif. Cette enclave est entourée d'une bordure d'*augite* à peine coloré en cristaux quelquefois visibles à l'œil nu disposés normalement à la paroi de l'enclave. Ce pyroxène se montre, en outre, à l'état de cristallites dans le verre fondu; des filonnets de ce minéral sillonnent l'enclave quartzeuse. Le passage à la roche volcanique se fait généralement par une zone de grands plagioclases acides : de l'*andésine*.

Enclaves calcarifères. — Bien que je n'aie pas observé d'enclaves de cette nature dans la labradorite de Djinet, il n'est pas douteux qu'elles aient été abondantes dans cette roche volcanique. Leur existence permet d'expliquer le mode de gisement habituel des zéolites déposées dans cette roche.

Les silicates hydratés se montrent généralement, en effet, sous forme de masses irrégulières emprisonnées au sein de la roche. Celle-ci étant très compacte, on ne peut admettre que les zéolites se soient déposées dans des cavités; il semble plutôt, au premier abord, que ces silicates se soient formés aux dépens d'enclaves solubles ou facilement désagrégées par les eaux minérales qui ont déposé les zéolites.

Cette manière de voir paraît pleinement confirmée par l'existence, dans un grand nombre de nodules zéolitiques, de trois minéraux : un *pyroxène vert*, un *grenat* et de la *wollastonite*. Ces minéraux se montrent à la périphérie des nodules : les zéolites sont toujours de formation postérieure.

Le pyroxène est en petits grains arrondis ou en cristaux visibles à l'œil nu avec les faces habituelles $m(110)$, $h^1(100)$, $g^1(010)$, $b^{1/2}(\bar{1}11)$. Ces cristaux possèdent un polychroïsme

sensible : d'un beau vert, suivant n_g ; jaune verdâtre, suivant n_p. Ils sont quelquefois disposés en faisceaux normalement à la paroi de la roche volcanique englobante.

Le grenat également assez abondant est d'un beau jaune encore sensible en lame mince. Il affecte la forme $b^1(110)$, montre des anomalies optiques.

La wollastonite est, de ces trois minéraux, celui qui apparaît le moins fréquent. En réalité il a été souvent épigenisé par des zéolites : c'est ainsi que j'ai constaté une association *ophitique* du pyroxène vert et de la wollastonite en baguettes à section octogonale, association dans laquelle ce dernier minéral a été complètement épigénisé par de l'apophyllite.

Le pyroxène, le grenat et la wollastonite des nodules zéolitiques du cap Djinet rappellent les modifications subies par les enclaves calcaires du basalte d'Aubenas (Ardèche) étudiées par M. A. Lacroix (1). Le savant professeur a de plus signalé la zéolitisation subséquente de quelques-unes de ces enclaves.

Il semble donc bien que les nodules de zéolites du cap Djinet doivent être considérés, au moins pour la plupart d'entre eux, comme résultant de l'action subséquente des émanations qui ont suivi l'éruption volcanique, sur des enclaves calcaires ou calcarifères emballées par le filon éruptif.

Ces enclaves peuvent provenir, soit de bancs calcaires situés en profondeur, soit plutôt des marnes du Miocène inférieur directement traversées par le filon de labradorite ; ces marnes sont fortement chargées de calcaire.

Zéolites. — On voit par ce qui précède quel est le mode habituel de gisement des zéolites qui nous occupent. On

(1) *Les enclaves des roches volcaniques*, Mâcon, 1893, p. 144 et suiv.

rencontre aussi dans la roche de petits filonnets de remplissage de ces silicates hydrates. Enfin plus rarement encore, les zéolites sont logées dans des cavités bulleuses de la roche scoriacée.

D'une manière générale ces silicates sont dépourvues de formes extérieures et leur étude n'est possible que par l'examen microscopique de plaques minces taillées dans les nodules zéolitiques et par des essais microchimiques. J'ai reconnu parmi ces zéolites :

La *mésotype*, la *thomsonite*, l'*apophyllite* et l'*analcime*.

La *mésotype* est la plus abondante du gisement. Elle constitue des aiguilles généralement très fines pouvant dépasser un centimètre de longueur et réunies en sphérolites serrés les uns contre les autres. Cette zéolite a une apparence opaque, d'un blanc de porcelaine. Elle est facile à caractériser au microscope par son allongement positif, son extinction longitudinale, sa bissectrice positive et un angle des axes (2V) de 50° environ. Les aiguilles d'un sphérolite de mésotype viennent s'entrelacer à leur extrémité libre avec les aiguilles d'un sphérolite voisin du même minéral ou de thomsonite; ou bien elles sont noyées dans de l'apophyllite. Un échantillon m'a montré des baguettes de un demi à un millimètre d'épaisseur de mésotype vitreuse noyée dans une masse opaque. Une plaque mince perpendiculaire à la direction des cristaux m'a montré des prismes de mésotype souvent maclés sur la face *m* (110) et noyées dans un réseau à maille à peu près rectangulaire de fines lamelles ayant la même réfringence que les prismes.

Ce réseau est sans doute constitué par des lamelles excessivement fines groupées par rotation de 90° autour de l'axe principal. Ces macles microscopiques ont déjà été signalées par M. A. Lacroix (1).

(1) *Bull. Soc. franç. Minéral.*, t. XIX, p. 424.

La mésotype, en aiguilles libres, est très rare dans le gisement qui nous occupe. J'ai trouvé cependant, dans une petite cavité des aiguilles, formées du prisme *m*(110), g^1(010) terminé par le pointement $b^{1/2}$(111).

La *thomsonite* se montre, comme la mésotype, en baguettes réunies en sphérolites. Elle est également abondante dans le gisement. Il est impossible de distinguer ces deux minéraux à l'œil nu ou à la loupe, mais rien n'est plus facile au microscope, la thomsonite se distinguant par sa biréfringence plus élevée et son plan des axes transversal (allongement tantôt positif, tantôt négatif).

L'allongement négatif de la thomsonite dans les sections h^1 (100) explique l'erreur de diagnostic commise sur ce minéral, qui a été confondu avec la scolécite.

Les fibres des sphérolites de thomsonite sont englobées à leur extrémité soit dans de l'apophyllite, soit dans de l'analcime. Cette dernière association se rencontre fréquemment dans d'autres gisements.

Le minéral qui nous occupe est très rare en cristaux libres. J'ai cependant observé de petits cristaux très minces constituant de la thomsonite aplatie sur g^1 (010). Ces lamelles montrent une bissectrice aiguë positive avec un angle des axes (2V) de 50° environ, et le clivage *p* (001). Un essai microchimique indique la prédominance de la chaux avec un peu de soude.

L'*apophyllite* a été déterminée pour la première fois par M. Damour [1]. Ce minéral est assez abondant dans notre gisement. Il est associé à la mésotype et la thomsonite fibreuses et s'en distingue par son clivage nacré et sa translucidité, qui tranche sur l'apparence laiteuse des deux premières.

(1) Gentil, *loc. cit.*

Les cristaux d'apophyllite à forme extérieure sont extrêmement rares. Un seul échantillon m'a offert quelques cristaux de 2 à 3 millimètres réunis dans une petite cavité de la roche volcanique. Ce sont des cristaux plus ou moins aplatis sur la face *p* (001) qui domine avec a^1 (101). Les faces *m*(110) se montrent également mais très réduites. Les faces a^1(101) sont striées parallèlement à l'arête de zone. Un cristal de 2^{mm} 1/2 m'a donné les mesures suivantes :

	Angles mesurés.	Angles calculés.
pa^1	119°12′	119°28′
a^1a^1 sur *p*	58°47′	58°56′
ma^1	128°2′	128°2′
pm	89°30′	90°

L'*analcime* est la plus rare des zéolites du gisement. Je l'ai trouvée à la partie supérieure du filon éruptif en petites masses vitreuses remplissant des cavités bulleuses de la roche scoriacée en cet endroit. Ce minéral n'offre généralement pas de forme géométrique par suite du remplissage intégral de la cavité bulleuse qu'il occupe, mais, sous le choc, il montre fréquemment des plans de séparation à stries parallèles qui représentent les faces extérieures de cristaux empilés. J'ai trouvé sur un échantillon de petits cristaux d'analcime de 2 à 3 millimètres à faces nettes, très brillantes. Ce sont les faces du trapézoèdre a^2 (211). Ce minéral se montre, en outre, quelquefois en contact avec de petits sphérolites de thomsonite.

Aux zéolites que je viens de signaler se trouvent presque toujours associés d'autres minéraux secondaires : de la *calcite*, des *chlorites* et des *sulfures métalliques*.

La *calcite* est fréquente ; elle est assez rarement pourvue de formes extérieures.

Les *chlorites* peuvent se distinguer en *chlorite verte* et *chlorite blanche.*

La chlorite verte est souvent disséminée dans les nodules de zéolite, de même qu'elle a envahi la roche qui les renferme. Elle est difficile à caractériser et peut appartenir à plusieurs espèces minérales. J'ai reconnu avec certitude la *delessite.*

La *chlorite blanche* constitue une substance nacrée, lamellaire, blanche et quelquefois légèrement teintée en vert. Ces lamelles examinées à plat au microscope montrent, en lumière convergente, un axe optique négatif.

Les *sulfures métalliques* sont assez fréquents en cristaux de très petites dimensions. Ils sont contemporains des zéolites dans lesquelles ils se trouvent empâtés. Ce sont :

De la *pyrite* en petits cristaux cubiques;

De la *chalcopyrite* en cristaux qui affectent la forme du sphénoèdre 1/2 $b^{1/2}$ et possèdent une couleur jaune verdâtre;

De la *galène* en petits cristaux généralement aplatis et qui peuvent être confondus, à cause de leur exiguïté, avec des lamelles d'oligiste; mais un essai microchimique m'a indiqué nettement la présence du plomb, et des plaques minces montrent l'opacité complète de ce minéral.

Une deuxième carrière exploitée dans une coulée un peu à l'ouest de la première m'a fourni de la *mésotype*, de la *thomsonite* et de l'*apophyllite*, mais ces silicates s'y montrent assez rarement sous forme de nodules. Ce qui m'a paru plus fréquent, ce sont des fissures très minces sillonnant la roche et remplies d'une poudre blanche, qui paraît amorphe à l'œil nu, mais que l'on peut résoudre à la loupe en aiguilles excessivement fines. L'examen microscopique de ces aiguilles montre qu'elles appartiennent à la mésotype.

II. — ZÉOLITES DANS LES TUFS VOLCANIQUES.

Dans le massif volcanique du cap Djinet des tufs accompagnent les coulées et les filons de labradorite.

Partout j'ai constaté dans les tufs la présence des silicates hydratés. Mais leur récolte est difficile par suite de l'absence de route et de l'altérabilité de ces minéraux.

En deux points, cependant, j'ai pu recueillir d'assez beaux échantillons :

1° *Tufs de la ferme Garnier.* — Auprès de cette ferme se trouvent des tufs formés de cendres et de lapilli agglomérés en une roche assez résistante. Les nombreux vides laissés entre les éléments de ces tufs sont fréquemment remplis de zéolites parmi lesquelles domine la *stilbite.* Cette zéolite se distingue facilement par son clivage nacré g^1 (010), parallèle au plan des axes optiques et par ses caractères chimiques. Elle est très abondante dans la roche et lui donne un aspect particulier.

La *stilbite* est accompagnée d'autres silicates parmi lesquels j'ai reconnu des lamelles g^1 (010) de *thomsonite*, de magnifiques petites aiguilles de *mésotype* et enfin de jolis petits cristaux d'*analcime.*

2° *Tufs de Mazer.* — En m'avançant vers l'est, j'ai trouvé aux abords du village arabe de Mazer, dans des tufs, des filonnets d'*analcime* en trapézoèdres de 3 à 4 millimètres. Ces cristaux sont accompagnés de rhomboèdres de calcite. Ils sont quelquefois englobés par ce dernier minéral.

La *stilbite* se montre également en cet endroit en filonnets dans les tufs.

Enfin des scories altérées montrent leurs cavités complètement remplies de zéoolites fibreuses et prennent l'aspect d'un *spilite.*

Une plaque mince taillée dans cette roche montre de la *mésotype* et de la *thomsonite* (1).

Sur un moyen de détermination pratique des feldspaths plagioclases dans un cas particulier.

(Application d'une épure de M. Michel Lévy.)

Par Léon Bertrand.

Parmi les diverses sections de plagioclases, les plus faciles à distinguer sont certainement celles à extinction symétrique, perpendiculaires à g^1 (010). L'emploi de l'éclairement égal, qui sert à reconnaître très facilement ces sections, montre souvent aussi qu'elles présentent simultanément les macles de l'albite et de Carlsbad. Dans ce cas, l'existence d'*une seule section* remplissant ces conditions suffit pour déterminer le feldspath, sans qu'il soit nécessaire d'avoir le maximum d'extinction pour l'un des deux individus de la macle de Carlsbad.

Ces sections ont servi déjà à M. Michel Lévy pour caractériser l'albite, lorsque la différence des angles d'extinction $\pm\alpha$ des lamelles 1 et 1′ du premier individu et $\pm\beta$ des lamelles 2 et 2′ du second ne dépasse pas 2°. Il est facile de généraliser en se servant de l'épure XII de son *Étude sur la détermination des feldspaths* (2); un petit artifice sans aucun intérêt théorique, mais d'une application pratique très facile, permet d'arriver très rapidement au résultat et de déterminer non seulement la composition du feldspath, mais aussi l'orientation de la section étudiée.

(1) Travail effectué dans les laboratoires de M. Fouqué au Collège de France, et de M. A. Lacroix au Muséum d'Histoire naturelle.

(2) Michel Lévy. — *Étude sur la détermination des feldspaths dans les plaques minces.* — Paris, Baudry et Cie, 1894-1896.

Si l'on considère l'une des courbes de l'épure en question correspondant à un feldspath déterminé, la valeur de l'angle d'extinction d'une section quelconque de la zone perpendiculaire à g^1(010) est fournie par l'ordonnée correspondant à une abscisse λ, dont la valeur est donnée par l'angle que fait la trace de la section sur g^1 (010) avec l'arête h^1g^1 (100) (010). Dans le cas particulier qui nous occupe, on a pour l'individu 1, 1′ une certaine extinction $\pm\alpha$ correspondant à une valeur déterminée de λ, et pour l'individu 2, 2′ une autre extinction $\pm\beta$ correspondant à l'abscisse $-\lambda$.

La question revient donc à chercher sur l'épure quelle est la courbe (existante ou obtenue par interpolation) telle que, étant données les valeurs de α et β fournies par la section, ces deux ordonnées correspondent à des abscisses égales et de sens contraire. La position de la courbe trouvée donnera immédiatement la teneur en anorthite du feldspath, et d'autre part la valeur des abscisses trouvées permettra d'orienter la section.

La détermination de la courbe cherchée peut se faire mécaniquement et sans tâtonnements au moyen du petit dispositif suivant. On colle sur une petite planchette en bois blanc une épure dans laquelle les diverses courbes ont été tracées avec des figurés différents (traits pleins et pointillés de diverses sortes, ou mieux traits de couleur), de façon à reconnaître facilement les deux portions d'une même courbe situées de part et d'autre de l'axe des abscisses. Il est, en outre, utile d'interpoler une courbe dans chaque intervalle de l'épure de M. Michel Lévy pour les feldspaths à 5, 15, 25, etc. 0/0 d'An, et aussi de colorier avec des teintes différentes les intervalles des différentes courbes, en employant naturellement la même teinte pour les deux parties d'un même intervalle situées de part et d'autre du point de croisement des courbes.

Ceci fait, on prend trois bandes de carton mince, dont deux sont simplement rectilignes et une troisième découpée comme l'indique la figure 1, le petit trou O étant sur la ligne *abcd*. On possède alors un matériel qui peut servir presque indéfiniment.

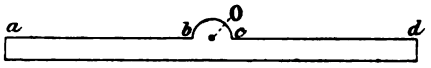


Fig. 1.

Premier cas. — *L'un au moins des angles α et β déterminés au microscope dépasse 16°* (maximum de l'albite). — Dans ce cas, il ne peut y avoir aucun doute, le feldspath est assez basique et renferme au moins 37 0/0 d'An.

Étant donnés les deux angles α et β, déterminés au microscope, on fixe chacune des deux bandes rectilignes de carton avec deux punaises parallèlement à l'axe des abs-

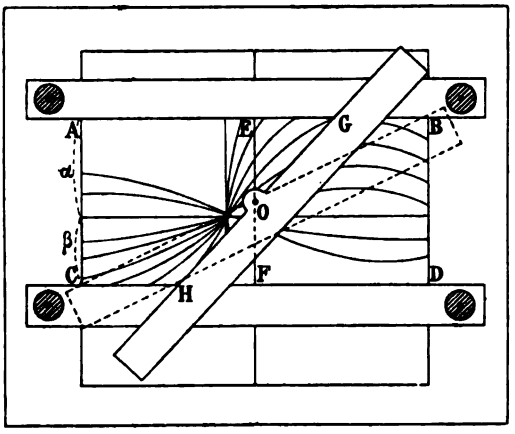


Fig. 2.

cisses de l'épure et à des distances α et β de part et d'autre de cet axe, en choisissant la plus grande de ces deux valeurs pour la partie supérieure de l'épure, où se rencon-

trent les ordonnées maxima des courbes (fig. 2). Les deux lignes AB et CD donnent respectivement pour chacune des courbes de l'épure, deux valeurs λ et λ^1 généralement différentes et il est facile de constater qu'il n'y a qu'une courbe pour laquelle $\lambda^1 = -\lambda$.

La règle en carton (fig. 1) est ensuite disposée de telle sorte qu'elle passe par les points B et C et que le trou O soit situé sur le diamètre vertical de l'épure au milieu de la distance EF; on pique alors dans ce trou une épingle, autour de laquelle il ne reste plus qu'à faire pivoter la règle. Dans ce mouvement de rotation, elle intercepte sur les deux autres règles des longueurs $EG = \lambda$ et $FH = -\lambda$, qui restent constamment égales, en sorte que lorsque les deux points G et H arriveront à être sur une même courbe ou dans la même position relative par rapport à deux courbes voisines, on aura la solution cherchée.

Dans le premier cas, le numéro de la courbe donne directement la teneur en An du feldspath; dans le second cas, on l'apprécie facilement avec une approximation de 1 à 2 0/0 (sauf au voisinage de l'anorthite, où les courbes sont très serrées).

Enfin, lorsqu'on n'a qu'une section *presque perpendiculaire à g^1* (010), si les deux angles α et $-\alpha'$ des lamelles 1 et 1', d'une part, et les angles β et $-\beta'$ des lamelles 2 et 2', d'autre part, ne diffèrent respectivement que de 2° ou 3°, les moyennes $\frac{\alpha+\alpha'}{2}$ et $\frac{\beta+\beta'}{2}$ employées de la même manière donnent encore une approximation très suffisante.

Deuxième cas. — *Les deux angles α et β ($\alpha > \beta$) sont tous deux inférieurs à 16°.* — Dans ce cas, il y a au premier abord indétermination pour la position des deux règles horizontales, car les ordonnées maxima des courbes sont positives

pour les feldspaths renfermant plus de 18 0/0 d'An, tandis qu'elles sont négatives pour ceux qui en renferment moins de 18 0/0; suivant le cas, on devra donc porter la plus grande valeur α au-dessus ou au-dessous de l'axe des x. Dans tous les cas, toutefois, cette valeur α se trouve du côté droit de l'épure, correspondant à une valeur positive de λ.

Il existe un critérium qui peut, dans la majorité des cas, fournir une indication utile; c'est la valeur de la différence $\alpha - \beta$. Quand elle reste assez grande, le feldspath est assez basique; si cette différence est très petite et ne dépasse pas 3 ou 4°, le feldspath est généralement très voisin de l'albite. Dans le premier cas, la valeur α doit être portée au-dessus de l'axe des x et la plus petite β au-dessous, comme précédemment; dans le second cas, c'est l'inverse.

Il est d'ailleurs facile de s'assurer pratiquement que si l'on trouve une solution pour une valeur déterminée de α et β avec une certaine position des règles, on n'en trouve pas avec la position inverse; en sorte que le problème n'est indéterminé qu'en apparence. Il sera seulement nécessaire, dans les cas douteux, de faire deux opérations, en intervertissant les règles.

Sur la marcasite de Pontpéan (Ille-et-Vilaine) et sur les pseudomorphoses qu'elle constitue (1).

Par M. A. Lacroix.

Les mines de galène et de blende de Pontpéan-en-Bruz, près Rennes, exploitées dès 1730, ont fourni à diverses reprises de fort beaux minéraux dont le plus commun est

(1) Les figures de cette note sont empruntées au 2e fascicule du tome II de ma *Minéralogie de la France*, qui paraîtra incessamment.

la blende fibreuse. Le but de cette note est d'appeler l'attention sur la marcasite qui abonde dans les filons exploités et sur les curieuses pseudomorphoses de pyrrhotite que j'y ai observées. Le premier échantillon que j'ai décrit (1) m'avait été remis par notre collègue M. de Mauroi. Depuis lors, M. l'intendant militaire Pavot a donné au Muséum de très remarquables spécimens dans lesquels j'ai observé de nombreuses particularités nouvelles : ils ont été pour la plupart trouvés vers 1886.

La marcasite se présente en cristaux libres, en croûtes concrétionnées de forme variée : elle est généralement postérieure aux autres sulfures et notamment à la blende.

Les cristaux libres sont très allongés suivant l'axe vertical ; leur structure est presque toujours polysynthétique ; ils sont alors constitués par le groupement à axes pres-

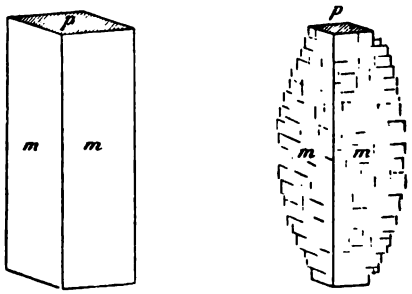


Fig. 1 et 2.

que parallèles d'un grand nombre de petits individus de même forme. Assez fréquemment, le cristal résultant, au lieu d'avoir un développement régulier, présente une forme en barillet dont la figure 2 évite une plus longue description ; les cristaux de ce type atteignent plusieurs centimètres.

(1) *Bull. Muséum d'Hist. naturelle*, II, 357, 1896.

Quand ces cristaux sont maclés suivant *m*, ils offrent la forme d'un prisme hexagonal irrégulier dont deux faces sont remplacées par une profonde gouttière verticale (fig. 3 et 4). Souvent ces macles offrent des décroissements

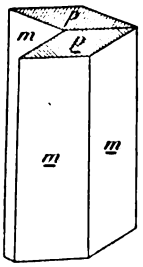


Fig. 3.

réguliers donnant à leurs sections la forme en fer de lance représentée par la figure 5. Les décroissements ne sont pas seulement réguliers suivant une arête *pm*, le cristal devient de plus en plus large dans la direction de l'axe

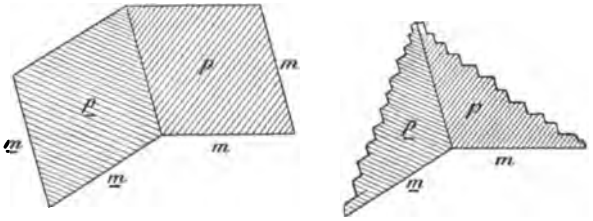


Fig. 4 et 5.
Projection sur *p* (001) de la macle suivant *m* (110) de la marcasite de Pontpéan.

vertical pour se fondre insensiblement dans la marcasite qui supporte les cristaux libres.

La marcasite de Pontpéan est blanche et prend une teinte verte livide par altération.

Le minéral le plus intéressant de Pontpéan est sans contredit constitué par les pseudomorphoses de pyrrhotite. Elles forment des lames hexagonales dépassant 2 centimètres de diamètre. Elles sont souvent empilées, à axes imparfaitement parallèles, et implantées en grand nombre sur la gangue, perpendiculairement ou obliquement à leur face d'aplatissement (fig. 6). Elles rappellent souvent par leur disposition les lames de zinnwaldite des gisements

Fig. 6.
Groupe de cristaux de pyrrhotite (pseudomorphoses en marcasite) de Pontpéan. (*Photographie réduite de moitié environ.*)

stannifères de Bohême. Il existe parfois plusieurs centaines de semblables cristaux sur une surface de 1 décimètre carré. Plus rarement, le même minéral forme des prismes hexagonaux de plus grand diamètre, plus épais (fig. 7) et quelquefois un peu allongés suivant l'axe vertical.

Par suite de la disparition complète de la substance initiale de ces cristaux, ceux-ci ne sont plus actuellement

formés que de *marcasite* et de *pyrite* ou enfin de *marcasite* et de *galène*. Il n'est pas douteux cependant que ces cristaux n'aient été originellement constitués par de la pyrrhotite dont ils présentent toutes les particularités de forme ; des pseudomorphoses de ce minéral en marcasite et en pyrite

Fig. 7.

Pyrrhotite de Pontpéan (pseudomorphoses en galène et en marcasite) en prismes hexagonaux implantés sur quartz. (*Photographie réduite de moitié environ.*)

sont connues dans divers gisements allemands et notamment à Freiberg, mais ce qui donne un intérêt spécial aux pseudomorphoses de Pontpéan, c'est la régularité géométrique de leur structure. J'ai observé, dans ces pseudomorphoses, les trois catégories suivantes :

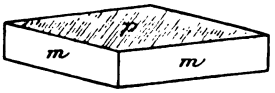


Fig. 8.

Groupements de marcasite seule sur pyrrhotite. — Ce sont les plus communs. Les cristaux de marcasite ayant moins de 1^{mm} sont aplatis suivant *p* (fig. 8); ils sont implantés

sur la face m $(10\bar{1}0)$ de la pyrrhotite et leurs stries parallèles à leur axe a sont elles-mêmes parallèles à l'arête basique de la face du prisme hexagonal de la pyrrhotite. Il résulte de ce fait que l'axe binaire b de la marcasite est parallèle à l'axe sénaire de la pyrrhotite et les deux autres

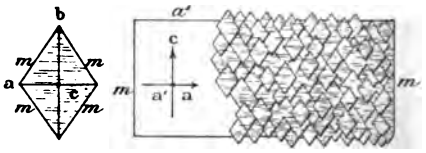


Fig. 9.

Disposition théorique de la marcasite sur une face m $(10\bar{1}0)$ de pyrrhotite. A gauche, un cristal de marcasite a été représenté avec la direction de ses axes.

axes binaires c et a de la marcasite parallèles à deux axes binaires du prisme hexagonal (fig. 9). Quand de petits cristaux de marcasite ne sont pas venus s'implanter, en outre, irrégulièrement sur la base a^1 (0001) de la pyrrho-

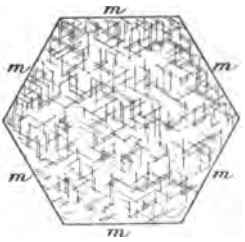


Fig. 10.

Face a^1 (0001) de pyrrhotite pseudomorphisée en marcasite, montrant la direction des arêtes mm de la marcasite disposées comme il est indiqué dans la figure 9.

tite, celle-ci présente un aspect moiré, dû aux réflexions sur les arêtes mm des cristaux de marcasite, respectivement perpendiculaires aux côtés de la face hexagonale (fig. 10). Sur les faces m du prisme hexagonal, l'ensemble

des stries de la marcasite simule les stries parallèles aux arêtes basiques qui existent normalement dans la pyrrhotite.

Groupement de marcasite et de pyrite sur pyrrhotite. — Ces groupements, beaucoup plus rares que les précédents, n'en diffèrent que parce que l'intervalle laissé par les cristaux de marcasite est occupé par de petits cubes de

Fig. 11.

Photographie d'une face *m* (10$\bar{1}$0) de pyrrhotite de Pontpéan transformée en marcasite et en pyrite. (*Grossissement de trois fois.*)

pyrite, orientés de telle sorte qu'une de leurs faces est parallèle à la base et une autre à une face du prisme hexagonal de la pyrrhotite (fig. 11) ; leurs trois axes quaternaires coïncident donc en direction avec les axes binaires de la marcasite, avec l'axe sénaire et deux des axes binaires de la pyrrhotite (fig. 12).

Groupement de marcasite et de galène sur pyrrhotite. — Ces groupements ne se rencontrent que dans les grands cristaux ayant une certaine épaisseur (fig. 7). Le cristal paraît extérieurement formé par de la galène, souvent recouverte d'une croûte irrégulière de marcasite. L'orientation de la galène par rapport à la pyrrhotite est la même que celle

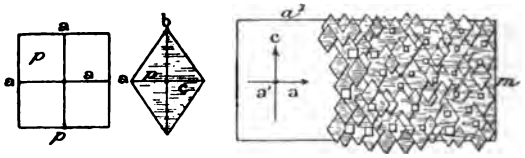


Fig. 12.

Disposition théorique de la marcasite et de la pyrite dans l'échantillon représenté par la figure 11. A gauche, un cristal de pyrite et un de marcasite ont été dessinés avec la position de leurs axes.

qui vient d'être indiquée pour la pyrite, mais avec une particulariré intéressante. Ce minéral ne constitue pas, en effet, une infinité de petits cristaux comme la pyrite ; le prisme hexagonal de pyrrhotite est occupé par trois cristaux de galène groupés en croix (fig. 13 et 14) ; ils ont tous :

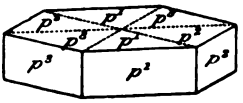


Fig. 13.

Disposition de la galène dans les pseudomorphoses de pyrrhotite.

1° une face *p* commune, parallèle à la base du prisme hexagonal ; 2° une face *p*, parallèle à une face du prisme hexagonal. Il en résulte que lorsqu'on examine un semblable édifice, sur la face basique de la pyrrhotite, on n'aperçoit pas sa nature complexe quand les clivages, dont la direction est indiquée par la figure 9, n'ont pas été

produits artificiellement. Si, d'autre part, on place sur le goniomètre le cristal, de façon à mesurer l'angle des deux faces prismatiques contiguës, après avoir eu soin d'écorcher les arêtes verticales du cristal, on voit, par rotation du cristal apparaître une série de réflexions distantes les unes des autres de 60° ou de 30°. Ces réflexions sont produites alternativement par les faces *p* extérieures (parallèles aux faces hexagonales de la pyrrhotite) et par des clivages *p* intérieurs du même minéral (fig. 14).

Ces groupements par pseudomorphose de galène, remplissant un prisme hexagonal, sont l'inverse des groupe-

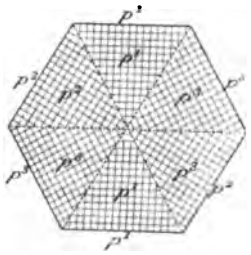


Fig. 14.

Face *p* (0001) de la figure 13, montrant les dispositions des clivages cubiques de chaque secteur de galène.

ments pseudo-hexagonaux dans lesquels l'édifice de symétrie supérieure est formé par le groupement d'individus de symétrie inférieure. Ici, c'est le minéral élémentaire qui possède la symétrie la plus élevée.

Cette galène imprègne la marcasite et joue, par rapport à celle-ci, un rôle analogue à celui de la calcite dans les célèbres rhomboèdres de calcite de la forêt de Fontainebleau, avec cette différence toutefois que la marcasite étant elle-même orientée, la structure est *pegmatique* et non *pœcilitique*, comme dans les cristaux de Fontainebleau dont

les grains de quartz ont, les uns par rapport aux autres et par rapport à la calcite, une orientation quelconque.

Le tableau suivant résume les relations de symétrie liant la marcasite *orthorhombique*, la pyrite et la galène *cubiques*, à l'édifice *hexagonal* de la pyrrhotite qu'elles ont remplacée :

Pyrrhotite (*hexagonale*).	Marcasite (*orthorhombique*).	Pyrite et galène (*cubiques*).
Axe sénaire.	Axe binaire *b*.	Axe quaternaire.
Axe binaire de première espèce.	Axe binaire *a*.	Axe quaternaire.
Axe binaire de seconde espèce.	Axe binaire *c*.	Axe quaternaire.

Toutes les variétés de marcasite de ce gisement s'altèrent avec une très grande facilité et il est presque impossible d'en conserver des échantillons à l'air libre. Cette grande altérabilité est peut-être due en partie à la structure hétérogène du minéral qui, grâce à cette particularité, offre une grande surface à l'oxydation.

Le procédé qui paraît le meilleur pour conserver ces échantillons en voie d'altération consiste à les laver à l'alcool, à les laisser séjourner pendant quelques mois dans ce liquide changé plusieurs fois, puis à les placer ensuite après dessiccation dans un vase soigneusement luté ou mieux encore dans l'alcool. Des échantillons arrivés au Muséum couverts d'efflorescences de mélantérite qui les rendaient méconnaissables sont encore en parfait état après six mois d'un semblable traitement.

Sur l'amalgame argentifère de la mine des Chalanches (Isère).

Par M. A. Lacroix.

Schreiber a découvert, en 1786 (1), dans les filons argentifères de la mine des Chalanches, près Allemont, un amalgame d'argent associé à du mercure natif. Ce minéral a été plus tard analysé par Cordier (2), qui lui a trouvé presque la composition théorique Ag^2Hg^3.

Il semble que ce minéral ait toujours constitué dans ce gisement une extrême rareté, et Héricart de Thury, dans une monographie des Chalanches, ne le cite même pas.

Je viens d'en découvrir un échantillon dans la collection du Muséum, il provient d'une très ancienne série et date probablement du temps de l'exploitation de Schreiber, aussi m'a-t-il paru utile de le signaler dans le *Bulletin*.

L'échantillon est constitué par la gangue argentifère habituelle des Chalanches, c'est-à-dire par une asbolite terreuse, noire, veinée d'érythrite rose. C'est au milieu de ce mélange que se trouvent des filets d'argent natif et l'amalgame sur lequel mon attention a été attirée par l'existence de clivages b^1 (110) à éclat très vif et d'un beau blanc d'argent. Il existe aussi quelques petites facettes cristallines p (100), b^1 (110), a^1 (111), a^2 (211).

Le minéral est malléable ; dans le tube fermé, il décrépite, puis donne un abondant sublimé de mercure en gouttelettes en laissant un résidu d'argent natif.

J'ai passé en revue, à plusieurs reprises, tous les autres échantillons d'argent natif de ce gisement existant dans les collections du Muséum sans y rencontrer d'autres exemplaires de cette rare substance.

(1) *J. des Mines*, 432, 1789.
(2) — XII, 1, 1802.

Détermination des indices de réfraction des minéraux des roches.

Par Fréd. Wallerant.

I. — Préliminaires.

Les minéraux, qui constituent les roches, étant de fort petite taille, et étant englobés au milieu des autres éléments, se prêtent mal à la détermination de leurs constantes spécifiques et en particulier de leurs constantes optiques. Aussi les pétrographes se sont-ils servis, pour la détermination des indices de réfraction, soit de minéraux de filons, soit de minéraux des roches, mais d'une taille exceptionnelle permettant de les isoler.

Il est cependant d'un intérêt capital d'opérer sur les minéraux mêmes des roches. Leur détermination spécifique se fait dans bien des cas au moyen d'un ensemble de caractères qui n'ont rien d'absolu en eux-mêmes et qui peuvent, par suite, conduire à des résultats incertains.

On détermine aujourd'hui très rapidement la nature d'un feldspath, grâce aux beaux travaux de MM. Fouqué, Michel Lévy et v. Fedorow, mais l'étude des autres familles de minéraux est loin d'être aussi avancée. Les amphiboles, les pyroxènes nous offrent une variété d'espèces comparables à celles des feldspaths; les espèces les mieux caractérisées peuvent seules être distinguées et les autres sont rapportées inconsciemment à l'une ou à l'autre de ces dernières. Il est vrai qu'au point de vue pétrographique la détermination de ces amphiboles, pyroxènes, etc. n'a pas la même importance que celle des feldspaths; mais il n'en est plus de même au point de vue minéralogique. Or, il est bien évident que la connaissance des trois indices

principaux d'un minéral permettra de le rapporter à une espèce connue ou sinon d'en conclure à l'existence d'une espèce nouvelle.

D'ailleurs, en dehors de toute idée de détermination spécifique, il ne faut pas oublier que la connaissance de l'ellipsoïde d'élasticité optique d'un minéral en grandeur et en position est du plus haut intérêt, puisque de cet ellipsoïde on peut en déduire toutes les autres propriétés optiques. M. v. Fedorow a donné une méthode permettant de fixer l'orientation de l'ellipsoïde en déterminant la position des axes optiques, d'où l'on déduit celle des axes d'élasticité. Il reste donc à mesurer la grandeur de ces axes, c'est-à-dire les indices. D'ailleurs, la méthode que je propose permet de déterminer avec une approximation souvent suffisante la position aussi bien que la grandeur des axes d'élasticité.

La méthode de la réflexion totale était tout indiquée, puisque les cristaux d'une roche ne peuvent s'observer que dans une lame mince à faces parallèles ; de plus, ces lames minces ayant fréquemment un centimètre de côté. c'est-à-dire des dimensions bien supérieures à celles des cristaux qui s'y trouvent, on peut être sûr que les sections faites dans ces cristaux sont absolument planes et se trouvent par cela même dans des conditions particulièrement favorables à l'emploi de cette méthode. Mais le phénomène de la réflexion totale n'est visible que si la section cristalline est isolée, et dans le cas présent cette section est trop petite pour être isolée soit mécaniquement en enlevant les autres minéraux, soit en recouvrant ces derniers d'encre de Chine.

La difficulté a été levée au moyen de l'artifice suivant : on interpose une lentille qui donne une image réelle *agrandie* de la lame mince de la roche et de la section

cristalline à étudier, et dans le plan de cette image on place un diaphragme iris que l'on ferme jusqu'à ce que l'image seule du cristal étudié soit visible, ce qui est facile grâce à ses grandes dimensions ; dans ces conditions, les rayons émis par le cristal traversent seuls le diaphragme, et dans un appareil situé derrière ce diaphragme, tout se passera comme si le cristal était isolé. En particulier, si l'on détermine à la surface du cristal le phénomène de la réflexion totale, on l'observera avec la plus grande netteté à travers le diaphragme.

La théorie mathématique de la réflexion totale à la surface des corps biréfringents a été donnée par M. Liebisch dans le *Neues Jahrbuch* de 1885. Les principaux résultats de cette étude ont été établis géométriquement de la façon la plus élégante par Mallard dans le *Bulletin de la Société* en 1886 et par M. Soret dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève*, en 1888. D'autre part, M. Lavenir (1) a montré comment, au moyen d'un réfractomètre de haute précision, comme ceux de Pulfrich ou de Abbe, on pouvait en outre déterminer l'orientation de l'ellipsoïde d'élasticité.

Je n'ai donc à rappeler ici que les principaux résultats, d'une application immédiate, et déjà indiqués pour la plupart par M. E. Bertrand (2).

Les théories précédentes montrent d'abord que les indices obtenus sont à peu près ceux des rayons qui se propagent à la surface du cristal dans le plan d'incidence de la lumière. L'erreur commise en adoptant cette conclusion ne porte que sur la cinquième décimale. Cela revient à dire que les indices obtenus appartiennent aux rayons dont les vibrations sont dirigées suivant les axes

(1) Lavenir. — *Bull. Soc. Minéral.*, t. XIV, 1891.
(2) E. Bertrand. — *Bull. Soc. Minéral.*, t. IX, 1886.

de l'ellipse d'intersection de l'ellipsoïde d'élasticité optique avec le plan Π perpendiculaire à la face du cristal et au plan d'incidence de la lumière.

De plus, en éteignant l'un des rayons avec un analyseur, on obtient l'angle que sa vibration fait dans ce plan Π avec la normale à la face du cristal.

Considérant d'abord le cas d'un cristal uniaxe, il est facile de distinguer avec l'instrument lui-même, comme je l'indiquerai plus loin, la vibration extraordinaire de la vibration ordinaire ; en tous cas, une étude préalable en lumière convergente permettra la distinction. Si on oriente cette vibration extraordinaire perpendiculairement au plan d'incidence, le plan Π passera par l'axe optique du cristal et les rayons subissant la réflexion totale auront pour indices les deux indices principaux du cristal. En outre, la direction de la vibration principale extraordinaire sera précisément la direction de l'axe optique.

Abordons maintenant le cas des cristaux biaxes, en supposant que l'on ait affaire à une section quelconque. M. Soret a montré que si on mesurait les indices de tous les rayons se propageant dans son plan, on obtenait un maximum absolu qui est l'indice principal n_g, un minimum absolu n_p, et en outre un maximum et un minimum relatifs dont l'un est égal à n_m. On voit donc qu'avec une section quelconque on peut tout au moins obtenir n_p et n_g.

On peut d'ailleurs déduire les indices principaux des mesures faites pour obtenir l'orientation de l'ellipsoïde d'élasticité. Prenons en effet pour axes des z la normale à la face et pour axes des x et des y les deux directions de vibration des rayons normaux à cette face ; la position de ces derniers relativement à des directions connues, telles que traces de plans de clivage, traces de plans de macle, etc., ayant été déterminée par les mensurations habituelles.

Soient n_1 et n'_1 les indices des rayons se propageant suivant l'axe des y et α_1 l'angle de la vibration d'indice n_1 avec l'axe des x, de même n_2 et n'_2 sont les indices des rayons se propageant suivant l'axe des x et α_2 l'angle de la vibration d'indice n_2 avec l'axe des y.

L'équation de l'ellipsoïde d'élasticité sera évidemment :

$$\left(\frac{\text{Cos}^2\,\alpha_1}{n_1^2} + \frac{\text{Sin}^2\,\alpha_1}{n'^2_1}\right) x^2 + \left(\frac{\text{Cos}^2\,\alpha_2}{n_2^2} + \frac{\text{Sin}^2\,\alpha_2}{n'^2_2}\right) y^2$$
$$+ \left(\frac{\text{Cos}^2\,\alpha_2}{n'^2_2} + \frac{\text{Sin}^2\,\alpha_2}{n^2_2}\right) z^2$$
$$+ \text{Sin}2\alpha_2 \left(\frac{1}{n^2_2} - \frac{1}{n'^2_2}\right) yz + \text{Sin}\,2\alpha_1 \left(\frac{1}{n^2_1} - \frac{1}{n'^2_2}\right) xz = 1.$$

Les cosinus directeurs des trois axes d'élasticité s'obtiendront, comme on le sait, en calculant les trois racines de l'équation en S de cet ellipsoïde. L'approximation obtenue dans cette méthode sera certainement au moins égale à celle des méthodes employées jusqu'ici pour les cristaux microscopiques. Je ferai remarquer que le calcul sera de beaucoup simplifié, si l'on a mesuré directement l'un des indices principaux ou bien si l'on connaît l'angle des axes optiques, puisqu'alors l'angle auxiliaire a servant au calcul des racines de l'équation en S, est donné par la formule

$$\text{Cotg}\,\frac{a + 4\pi}{3} = \frac{\text{Cos}\,2\,\text{V}}{\sqrt{3}}$$

que j'ai démontrée ailleurs.

Quant aux indices principaux, ils sont égaux à la racine carrée de l'inverse des racines de l'équation en S. Mais bien entendu, il sera toujours préférable de les mesurer directement, ce que l'on peut faire facilement dans un grand nombre de cas particuliers.

On peut obtenir sans peine les trois indices principaux quand la section appartient à l'une des trois zones ayant pour axes les axes d'élasticité optique. Ces axes ayant trois directions à angle droit les unes sur les autres, il en résulte que les sections satisfaisant cette condition sont relativement fréquentes dans une préparation. Elles se reconnaissent facilement par une étude préalable en lumière convergente, et au moyen de l'instrument lui-même comme on le verra plus loin.

Cette distinction faite, si l'on place l'axe d'élasticité optique perpendiculairement au plan d'incidence, des deux rayons subissant la réflexion totale, celui qui vibre dans le plan de la face aura pour indice un des indices principaux. Si ensuite on fait tourner la préparation de 90° dans son plan, les deux rayons subissant la réflexion totale, auront pour indices les deux autres indices principaux. En outre la direction des vibrations coïncide avec celle des axes d'élasticité dans le plan Π.

Remarquons enfin que si la section est perpendiculaire à un axe optique, l'angle que fait l'un de ces axes d'élasticité avec la normale à la face du cristal est précisément le demi-angle des axes optiques.

II. — DESCRIPTION DE L'APPAREIL.

Appliquons sur la base d'un prisme d'indice élevé N, une face plane d'un corps d'indice n, le contact étant rendu intime par l'intermédiaire d'un liquide ; si l'on fait tomber sur l'une des faces latérales du prisme un faisceau convergent de lumière homogène, une partie de ces rayons subira la réflexion totale sur la face de contact du corps et du prisme, l'autre sera transmise partiellement et ira se perdre dans le corps. Pour qu'un rayon subisse la réflexion

totale il suffit qu'il fasse avec la normale à la base du prisme un angle plus grand que l'angle λ défini par l'égalité

$$n = N \operatorname{Sin} \lambda.$$

Si, au contraire, il fait avec cette normale un angle plus petit que λ, il est en grande partie transmis.

Les rayons réfléchis sortent du prisme par la seconde face, et si on les reçoit sur une lentille convergente, le collecteur, placée de façon à ce que son axe optique soit dans une section droite du prisme, il se produit dans le plan focal principal de cette lentille un phénomène bien connu : tous les rayons qui, avant réflexion, sont parallèles entre eux viennent, après réflexion, converger en un même point de ce plan focal ; mais les rayons, faisant avec la normale à la base du prisme un angle plus grand que λ, donnent un point très lumineux, tandis que les rayons faisant avec cette normale un angle plus petit que λ, étant en grande partie transmis, ne donnent qu'un point peu éclairé.

Si donc on regarde avec une lunette le plan focal principal, on y distinguera deux régions, l'une vivement éclairée, l'autre sombre, très nettement distinctes. Or, il est bien évident que les rayons qui viennent converger au point de la ligne de séparation des deux régions situé dans la section principale du prisme font à l'intérieur de ce prisme un angle égal à λ et par suite à leur sortie du prisme, ils font avec la normale à la face de sortie un angle α tel que

$$\operatorname{Sin} \alpha = N \operatorname{Sin} (\lambda - A)$$

A étant l'angle de base du prisme adjacent à la face de sortie, lorsque le rayon formant l'angle λ se trouve relati-

vement à la normale du côté de la base du prisme, dans le cas contraire la formule reliant α et λ devient

$$\text{Sin}\ \alpha = \text{N Sin}\ (\text{A} - \lambda).$$

Pour obtenir λ, il suffit donc de mesurer α ; dans ce but la lunette servant à examiner le phénomène porte un réticule ; par la croisée des fils de ce réticule, on fait passer, par une rotation convenable du prisme, la ligne de séparation des deux régions, puis éclairant le réticule on tourne le prisme jusqu'à ce que l'image du réticule vue par réflexion sur la face du prisme vienne coïncider avec le réticule lui-même, l'angle dont on a tourné le prisme est précisément l'angle α.

J'ai supposé jusqu'ici que le minéral examiné était seul ; mais s'il se trouve englobé au milieu d'autres, pour l'isoler comme je l'ai dit plus haut, on place un diaphragme iris dans le plan de l'image réelle de la préparation donnée par le collecteur, et la lunette au delà de ce diaphragme.

On voit, en résumé, que l'appareil doit se composer de deux parties bien distinctes : d'une part, un prisme porté par un dispositif permettant de mesurer l'angle de rotation ; d'autre part, un système optique composé du collecteur, du diaphragme et de la lunette. Je vais décrire successivement ces deux parties, qui sont représentées en place par la figure 1.

Goniomètre (1). — Cet appareil (fig. 2) se compose d'un prisme *p*, d'un verre ayant pour indice 1,89. La longueur de son arête latérale est de un centimètre ; sa section droite qui est équilatérale a 8 millimètres de côté. L'une des arêtes latérales du prisme est abattue de façon à donner naissance à une petite face de $1^{mm},5$ de large, parallèle à la

(1) Ce goniomètre a été construit avec le plus grand soin par M. Pellin.

face opposée du prisme, que nous appellerons la base. Le prisme est enchâssé dans une platine de 7 centimètres de long sur 4 centimètres de large de façon que sa base soit

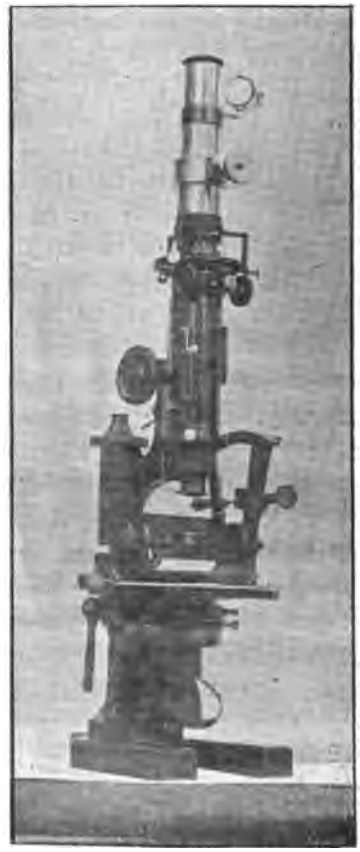


Fig. 1.

exactement dans le plan de l'une des faces de la platine. Cette face porte deux valets V permettant d'appliquer et de maintenir la préparation contre la base du prisme. La

platine peut tourner autour d'un axe horizontal parallèle à l'arête du prisme et cet axe se termine par la vis B permettant de faire tourner la platine seule à la main.

Les supports de l'axe sont fixés sur une plateforme s'adaptant sur la platine d'un microscope ; son centre est muni d'une ouverture O, de sorte que l'on peut, avec le microscope, examiner dans les conditions habituelles la préparation appliquée contre la base du prisme, grâce à la présence de la petite face transformant ce prisme en une lame à faces parallèles.

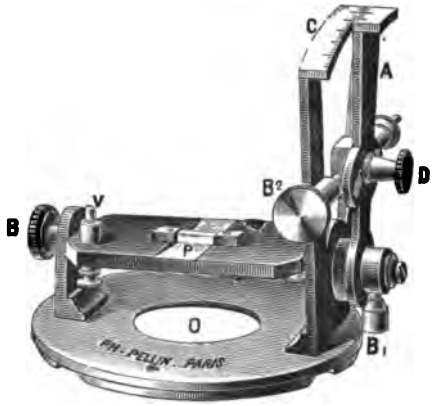


Fig. 2.

L'autre extrémité de l'axe est centrée avec une alidade A et les rotations des deux pièces peuvent être rendues solidaires par une vis de pression B_1. Le mouvement de l'alidade et, par suite, celui de l'axe peut être transformé en mouvement lent par une seconde vis de pression D qui la fixe au pas de la vis B_2.

Cette alidade porte un vernier au quinzième et se déplace devant un axe de cercle C de 50° portant une division en

demi-degrés, dispositif permettant de mesurer un angle de 40° à deux minutes près, ce qui suffit dans tous les cas.

Système optique (1). — On peut adopter, pour ce système optique, deux dispositifs différents, ayant chacun ses avantages ; c'est principalement la nature du microscope employé qui dictera le choix entre eux.

1° Le plus simple comprend un objectif microscopique de 3 centimètres de foyer, portant un réticule dans son plan focal principal supérieur. D'autre part, à la place de l'oculaire on introduit dans le tube du microscope un Nicol à vision directe surmonté d'un diaphragme iris, l'ensemble pouvant tourner autour de l'axe du microscope.

Au-dessus du diaphragme iris, on peut placer soit un oculaire positif susceptible d'être mis au point sur l'ouverture du diaphragme, soit une lunette permettant de viser dans le plan focal supérieur de l'objectif. Cette lunette est composée d'une lentille de $5^{cm},5$ de foyer faisant fonction d'objectif et d'un oculaire de 1^{cm} de foyer.

Enfin on doit pouvoir introduire dans le corps du microscope, à la place de la lentille Bertrand, une petite glace inclinée à 45° sur l'axe du microscope de façon à pouvoir éclairer le réticule.

Le grand avantage de ce dispositif c'est de n'exiger aucune stabilité entre ses différentes parties; la seule condition nécessaire consiste en ce que le réticule de l'objectif doit avoir une position fixe par rapport au centre optique de cet objectif; condition toujours remplie. Aussi doit-il être adopté toutes les fois que l'on se sert d'un microscope, dont le corps, formé de plusieurs parties, n'offre pas de stabilité suffisante.

Mais l'inconvénient de ce dispositif est d'exiger une

(1) Cette partie de l'appareil a été construite par la maison Zeiss.

source de lumière monochromatique très intense, que l'on n'a pas toujours à sa disposition. Il faut, pour obtenir une flamme jaune intense, employer le procédé indiqué par Chauvin [1] et qui consiste à chauffer au moyen d'un chalumeau oxhydrique du sel marin, fondu et contenu dans un creuset de porcelaine. La paroi latérale de ce creuset a été fendue suivant la verticale au moyen d'une lime, de façon à ce que la flamme puisse tomber directement sur le sel. Mais une grande quantité de sel est volatilisée et il faut opérer sous une cheminée de dégagement.

2° Le second dispositif comprend au contraire une source de lumière blanche intense telle que la flamme d'un bec Auer. Les différences portent sur la construction de la lunette, au milieu de laquelle se trouve un compensateur d'Abbe. C'est cette lunette qui est représentée dans la figure 1 ; son mode d'attache sur le microscope est évidemment trop compliqué, mais on n'oubliera pas que c'est là un premier modèle facile à simplifier. Le compensateur d'Abbe se compose, on le sait, de deux prismes d'Amici à vision directe pour le jaune et que l'on peut faire tourner d'angles égaux en sens inverse au moyen du bouton que l'on voit sur la figure. Il permet de compenser la dispersion des rayons de différentes couleurs et de les rendre tous parallèles aux rayons jaunes, de sorte que l'on obtient l'indice de ces derniers même avec de la lumière blanche.

Mais, par suite de l'interposition de ce compensateur, il n'est plus possible de voir le réticule quand il se trouve dans le plan focal supérieur de l'objectif du microscope, et il faut le placer dans la lunette, au-dessus du compensateur, dans le plan conjugué de ce plan focal. Il se com-

(1) Chauvin. — Thèse de doctorat.

pose de deux fils à angle droit, l'un étant parallèle à l'arête du prisme du goniomètre. De plus, l'une de ses extrémités est recouverte par un petit prisme à réflexion totale qui peut recevoir la lumière du dehors, comme le montre la figure 3.

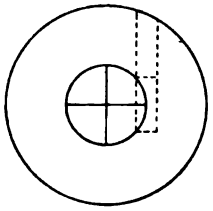


Fig. 3.

L'inconvénient de ce dernier dispositif est, comme on le verra plus loin, d'exiger une fixité absolue de la lunette *pendant la durée d'une détermination;* condition qui ne sera remplie que si le microscope et la lunette ont été construits avec le plus grand soin.

Il y aurait peut-être d'ailleurs possibilité de combiner les avantages des deux dispositifs tout en faisant disparaître cet inconvénient; il faudrait pour cela placer le compensateur sur le trajet de la lumière incidente entre la source et le prisme du goniomètre.

III. — MARCHE A SUIVRE DANS LES OPÉRATIONS.

Je ferai d'abord remarquer que la préparation doit être terminée sur le porte-objet lui-même de façon à être parfaitement plane. Ordinairement on la termine sur une glace et après l'avoir décolée, on la transporte sur le porte-objet, mais dans cette opération la préparation, très mince, se gondole toujours et ne peut donner que de mauvaises images. En outre, le poli de la préparation doit être

poussé aussi loin que possible ; dans le cas d'un cristal isolé, toujours d'assez grandes dimensions, on recommande au contraire de ne pas faire durer trop longtemps l'opération du polissage, par crainte d'arrondir les bords du cristal ; mais, il n'en est plus de même ici, où la préparation est très mince, où l'on peut laisser de côté les cristaux occupant le bord de la préparation et où, enfin, la surface polie doit réfléchir le plus de lumière possible.

Au moyen de la vis B, on fera tourner seule la platine *p* de façon à amener la base du prisme horizontal à la face supérieure et sur cette base on applique la préparation par l'intermédiaire d'iodure de méthylène.

Grâce à la petite facette remplaçant l'arête du prisme parallèle à la base, la préparation s'observe comme dans un microscope ordinaire. On peut donc placer perpendiculairement à l'axe du goniomètre la direction suivie par les deux rayons dont on veut mesurer les indices. Il est, en effet, facile de mesurer l'angle que fait cette direction avec une ligne de repaire, ligne de clivage, ligne de macle. Cette direction est en effet parallèle au fil NS du réticule de l'oculaire, il suffit donc de faire tourner la platine du microscope entraînant avec elle le goniomètre jusqu'à amener en coïncidence avec le fil la ligne de repaire.

D'autre part, il est facile de reconnaître si la section du cristal est parallèle à un axe d'élasticité ; dans ce cas, en effet, si l'on oriente la direction d'extinction, parallèle à cet axe, parallèlement à l'axe du goniomètre, la section doit rester éteinte quand on fait tourner la platine *p*. En particulier, c'est ce qui aura lieu quand on placera le rayon ordinaire d'un uniaxe parallèlement à l'axe du goniomètre.

Une fois le cristal orienté comme il convient, on fait tourner la platine *p* de façon à ce qu'un faisceau de lumière

convergente tombant sur l'une des faces latérales du prisme sorte, après réflexion sur la base, par l'autre face latérale et pénètre dans le microscope. Dans cette nouvelle position, on voit le cristal à travers une des faces latérales du prisme en lumière polarisée, mais il n'y a aucun retard entre les deux rayons, puisqu'ils n'ont pas traversé le cristal. Celui-ci n'est donc plus coloré et il faut une certaine attention pour le reconnaître s'il se trouve au milieu de cristaux semblables ; ce que l'on a de mieux à faire, dans ce cas, c'est de repérer sa position relativement à une des stries accidentelles qui se trouvent toujours sur la base du prisme.

C'est le moment de diaphragmer, mais cette opération doit être faite judicieusement ; il ne faut pas oublier, en effet, que le cristal n'a pas été centré et que d'ailleurs le centrage n'est pas possible ; les rayons émis par le cristal sont déviés par le prisme et la déviation varie avec l'inclinaison de la platine *p*. Si donc, on diaphragmait dans une position quelconque de la platine, lorsqu'on la ferait tourner pour effectuer une mesure, un cristal quelconque se substituerait au cristal étudié devant l'orifice du diaphragme.

Il faut diaphragmer quand l'inclinaison de la platine *p* est telle que dans le phénomène de la réflexion totale la séparation de la partie obscure et de la partie éclairée du champ passe sensiblement par le centre de ce dernier, de façon à n'avoir plus à faire tourner la platine que de quelques degrés. Cette position s'obtient très facilement de la façon suivante : si on fait tourner la platine dans le sens des α décroissants, c'est-à-dire dans le sens de la flèche de la figure 4, le faisceau AOB des rayons subissant la réflexion totale va sortir du champ et le cristal ne sera plus éclairé ; si donc, après avoir éteint le cristal de cette façon, on fait tourner la platine en sens inverse jusqu'à ce que le cristal

s'éclaire à nouveau, la ligne de séparation des deux parties du champ sera elle-même visible. C'est alors qu'après avoir mis l'oculaire positif exactement au point sur l'ouverture du diaphragme, on met le microscope lui-même au point sur le minéral et on diaphragme.

A partir de cet instant, la marche de l'opération est un peu différente suivant que l'on se sert du premier ou du second dispositif.

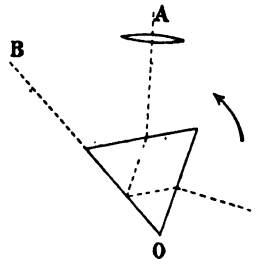


Fig. 4.

Dans le cas où on emploie la lumière monochromatique, à l'oculaire positif on substitue la lunette permettant de voir simultanément le réticule et l'image due à la réflexion totale qui se trouvent tous deux dans le plan focal supérieur de l'objectif. Après avoir serré les vis B_1 et D et éteint l'un des rayons au moyen de l'analyseur, il est facile d'amener la ligne de division du champ à passer par la croisée des fils du réticule.

En second lieu, on introduit la glace à 45° sur l'axe du microscope, on fait tomber sur elle la lumière d'un bec de gaz qui par réflexion va éclairer le réticule. En faisant tourner l'alidade et par suite le prisme, on voit passer dans le champ un cercle lumineux au milieu duquel se trouve l'image du réticule vu par réflexion sur la face du prisme; sans

difficulté on amène cette image à coïncider avec le réticule lui-même. On n'oubliera pas que pour bien voir l'image, il faut donner au diaphragme iris une ouverture convenable.

Si l'on se sert du second dispositif, après avoir remplacé l'oculaire positif par la lunette et fixé celle-ci avec soin, on tourne le compensateur jusqu'à ce que le centre du champ étant blanc, on y voit le bord de la partie sombre absolument incolore ; le bord ne sera net que si cette condition est rigoureusement remplie. On amène ce bord à être tangent au fil Est-Ouest du réticule et on fait la première lecture. Puis on ramène le compensateur au zéro et on fait tomber un rayon de lumière sur le petit prisme à réflexion totale de l'oculaire, de façon à éclairer l'une des extrémités de ce même fil Est-Ouest. En faisant tourner le goniomètre d'un angle convenable, on voit passer dans le champ une fente éclairée, qui le traverse dans toute sa largeur, et au milieu de cette fente une ligne sombre qui est l'image, vue par réflexion sur le prisme du goniomètre, de la partie éclairée du fil du réticule. C'est qu'en effet, l'image d'un point de ce fil, vu à travers le diasporamètre, n'est pas un point, mais un segment de droite, et tous les segments de droite se trouvent dans le prolongement les uns des autres. On amène cette image à coïncider avec le fil lui-même et on fait la seconde lecture.

IV. — DISCUSSION DES RÉSULTATS.

Recherchons d'abord quelle est la grandeur de la plage cristalline utilisée à la mesure des indices.

Dans le microscope que j'emploie, le diaphragme iris se trouve à une distance de 201 millimètres du centre optique de l'objectif ; comme la distance focale de cet objectif est de 30 millimètres, il en résulte que le grossissement de

l'image donnée par cet objectif est égal à $\frac{201}{30}$, c'est-à-dire sensiblement égal à 7.

D'autre part, le diaphragme peut être fermé de façon à ce que son ouverture ait un diamètre égal à $\frac{2}{3}$ de millimètre. On ne peut guère aller plus loin sans trop diminuer le *pouvoir séparateur* de la lunette. Par conséquent, le diamètre de l'objet dont l'image recouvre le trou du diaphragme est de $\frac{2}{21} = \frac{1}{10}$ de millimètre.

Mais, bien entendu, comme la plage cristalline est inclinée sur l'axe du microscope, son diamètre est un peu supérieur, il est en général compris entre $\frac{1}{10}$ et $\frac{2}{10}$ de millimètre. On voit donc que la majeure partie des cristaux des roches ont des dimensions suffisantes pour se prêter à la mesure de leurs indices. Le plus souvent même on n'utilise qu'une partie de la section cristalline.

Voyons maintenant avec quelle exactitude s'effectuent les mesures. La lunette employée donne pour un objet situé dans le plan focal de l'objectif du microscope un grossissement linéaire compris entre 8 et 10.

Comme on peut à l'œil apprécier un déplacement de $\frac{1}{10}$ de millimètre, il en résulte que l'on peut apprécier dans le plan focal, avec la lunette, un déplacement de $\frac{1}{80}$ de millimètre. La distance focale de l'objectif étant de 30 millimètres, les pointés se font en commettant une erreur inférieure à l'angle α, tel que $\sin \alpha = \frac{1}{2400}$, c'est-à-dire inférieure à 1'30". Comme chaque opération comprend deux mesures, l'erreur est au plus de 3', c'est-à-dire inférieure à celle provenant de la lecture, puisque le vernier ne donne que les 2 minutes et que, par suite, l'erreur peut atteindre de ce fait une valeur de 4'.

Voyons donc quelle influence une erreur de 4′ a sur la valeur de l'indice obtenu.

Les formules :

$$n = N \operatorname{Sin} \lambda$$

$$\operatorname{Sin} \alpha = N \operatorname{Sin} (A - \lambda)$$

donnent :

$$dn = \frac{\operatorname{Cos} \lambda \operatorname{Cos} \alpha \, d\alpha}{\operatorname{Cos} (A - \lambda)}.$$

Comme α diminue en même temps que λ, il est évident que la valeur maximum de dn sera donnée par la valeur minimum de λ. Or, le plus petit indice que l'on puisse avoir à mesurer est celui de la tridymite qui est de 1,428.

Pour cette valeur de n, on trouve :

$$dn = \pm 0{,}0007.$$

Mais c'est là une valeur maximum et pour la plus grande valeur de α, c'est-à-dire pour 30°, on a seulement :

$$dn = \pm 0{,}0002.$$

Dans tout ce qui précède, j'ai supposé que la face cristalline était parallèle à la base du prisme; il est très important, en effet, que cette condition soit remplie, si l'on ne veut se mettre dans le cas de faire subir une correction au résultat obtenu. Quand la préparation est assez large et fort mince, ce qui a lieu le plus souvent, on satisfait sans difficulté à cette condition. Il n'en est plus de même si son diamètre est assez faible et surtout si elle est épaisse. Après avoir obtenu une première valeur de λ, il faut alors faire tourner l'appareil de 180° sur la platine du microscope et faire une seconde mesure de cet angle, en faisant intervenir l'autre angle de base du prisme. On prend ensuite la moyenne des deux valeurs de λ ainsi obtenues.

Une autre cause d'erreur provient de l'état des minéraux

que l'on examine. Pour la détermination des indices, on se sert habituellement de cristaux isolés, choisis avec soin, absolument sains, sans inclusion ni cassure. Ici, il n'en est plus de même : les cristaux renferment très souvent des inclusions; ils offrent des clivages, des cassures qui déterminent des irrégularités dans la réflexion et rendent par suite moins net le phénomène de la réflexion totale. C'est ainsi que lorsqu'un cristal présente des traces de clivage, le contraste entre la partie éclairée et la partie sombre est beaucoup moins net quand les traces de clivage sont parallèles à l'axe du goniomètre que quand elles lui sont perpendiculaires. Mais ce sont des inconvénients auxquels il est impossible de se soustraire, quelle que soit la méthode employée.

V. — APPLICATIONS.

1° *Détermination d'indices inconnus.* — Il est encore bien des cristaux dont les indices sont inconnus. En général, ce sont des cristaux trop petits pour être séparés de la gangue ou de la roche qui les englobe. L'appareil que je viens de décrire se prête tout particulièrement à la détermination de leurs indices. J'ai l'intention de publier dans la suite les indices des plus connus parmi ces minéraux. Je ne citerai ici, comme exemple, que la Glaucophane.

Il m'a suffi de faire faire une préparation des schistes de l'île de Groix, pour obtenir un grand nombre de sections, se prêtant à la détermination des indices, qui sont :

$$n_g = 1{,}6390$$
$$n_m = 1{,}6381$$
$$n_p = 1{,}6212$$

2° *Détermination des éléments d'une roche.* — L'emploi du microscope permet de déterminer certains des minéraux

entrant dans la composition de la roche, soit que ces minéraux présentent des caractères intrinsèques les distinguant nettement des autres, comme le quartz, soit qu'ils appartiennent à des groupes particulièrement bien connus, comme les feldspaths. Mais souvent aussi, la détermination n'est qu'approximative, on ne reconnaît que le genre sans pouvoir distinguer l'espèce et l'on dit que la roche renferme un mica blanc, un pyroxène, etc. sans pousser plus loin la spécification.

Comme exemple, j'ai déterminé les éléments d'une granulite de la Vendée, en commençant par les feldspaths.

1° Une section présentant trois lamelles hémitropes dont la centrale était parallèle à n_m, m'a donné comme indices :

$$n_g = 1,5581$$
$$n_m = 1,5527$$
$$n_p = 1,5500$$

Or, MM. Michel Lévy et Lacroix donnent pour les indices de l'andésine de la Roche-Sauve, près de Privas, les valeurs :

$$n_g = 1,556$$
$$n_m = 1,553$$
$$n_p = 1,549$$

D'autre part, j'ai moi-même obtenu pour les indices du feldspath du porphyre bleu de Saint-Raphael, feldspath qui, par sa composition et ses caractères optiques, doit être évidemment rapporté à l'andésine, les valeurs suivantes :

$$n_g = 1,5585$$
$$n_m = 1,5539$$
$$n_p = 1,5501$$

Le feldspath étudié est donc bien certainement de l'*andésine type*.

2° Une section zonée était dans sa partie centrale perpendiculaire à n_g, elle m'a donné :

$$n_g = 1,5584$$
$$n_m = 1,5533$$
$$n_p = 1,5507$$

C'est donc encore une *andésine type*.

3° Une section présentant la macle de Carlsbad était, dans l'une de ces macles sensiblement perpendiculaire à n_p. Les indices sont :

$$n_g = 1,5578$$
$$n_m = 1,5539$$
$$n_p = 1,5500$$

Andésine type.

4° Une section sans macle ni trace de clivage, parallèle à un axe d'élasticité, m'a donné :

$$n_g = 1,5449$$
$$n_m = 1,5419$$
$$n_p = 1,5367$$

Or, M. Fouqué a obtenu pour les indices d'un oligoclase du Mexique les valeurs :

$$n_g = 1,5457$$
$$n_m = 1,5415$$
$$n_p = 1,5373$$

Le feldspath étudié est donc bien un *oligoclase type.*

5° Une section perpendiculaire à un axe optique m'a donné comme indices :

$$n_g = 1,5380$$
$$n = 1,5330$$
$$n_p = 1,5306$$

Or, MM. Michel Lévy et Lacroix ont obtenu pour l'albite de Arendal (Norwège) les valeurs :

$$n_g = 1,540$$
$$n_m = 1,534$$
$$n_p = 1,532$$

qui sont plus élevées de deux unités que les nombres précédents. Il est probable que cet albite est un peu calcique, et que les premiers nombres sont réellement ceux de l'*albite type*.

6° Une section sans macle, sans trace de clivage perpendiculaire sur n_g m'a donné :

$$n_g = 1,5386$$
$$n_m = 1,5333$$
$$n_p = 1.5307$$

C'est donc une section d'*albite type*.

7° Une section perpendiculaire à n_p donne :

$$n_m = 1,5336$$
$$n_p = 1,5306$$

Je n'ai pas mesuré n_g, ces deux nombres suffisant à démontrer que l'on a affaire à une *albite type*.

8° Une section maclée possède une lamelle parallèle à n_m et donne :

$$n_g = 1,5383$$
$$n_p = 1,5290$$

C'est donc encore une *albite type*.

9° Une section présentant la macle de Carlsbad et perpendiculaire sur n_m dans une de ses plages, a donné :

$$n_g = 1,5245$$
$$n_m = 1,5232$$
$$n_p = 1,5157$$

Or, M. Descloiseaux a obtenu pour une *adulaire* du Saint-Gothard :

$$n_g = 1,5243$$
$$n_m = 1,5223$$
$$n_p = 1,5181$$

Les deux valeurs de n_g et de n_m concordent bien, mais la valeur que j'ai obtenue pour n_p est évidemment trop faible d'au moins une ou deux unités du troisième ordre ; j'ai dû commettre une erreur, mais les deux autres valeurs suffisent à affirmer que j'ai affaire à de l'*orthose type*.

10° Enfin, j'ai mesuré les indices d'une lamelle de mica blanc parallèle à n_m et j'ai obtenu :

$$n_g = 1,5963$$
$$n_p = 1,5601$$

tandis que M. Pulfrich a donné pour les indices d'une *muscovite* :

$$n_g = 1,5977$$
$$n_p = 1,5601$$

Si je fais remarquer que tous ces résultats ont été obtenus avec *une seule* préparation de la roche, on pourra juger de l'importance des résultats fournis par la détermination des indices de réfraction.

Sur la forme cristalline du borate de lithium $Bo^2O^3, Li^2O, 16H^2O$.

Par M. P. Termier.

Ce sel a été récemment obtenu par M. H. Le Châtelier. Sa forme est rhomboédrique.

Le rapport $\frac{a}{c}$ est égal à 0,944. Le rhomboèdre primitif

p $(10\bar{1}1)$ fait avec la base a^1 (0001) un angle de 132°32′ (angle vrai).

Les seules formes constatées jusqu'ici sont :

$$p\ (10\bar{1}1),\ e^{1/2}\ (01\bar{1}1),\ e^2\ (10\bar{1}0),\ \text{et}\ a^1\ (0001).$$

Les cristaux sont des tablettes hexagonales ayant au maximum 1 centimètre de largeur et 6 ou 7 millimètres d'épaisseur. En général le rapport de la largeur à l'épaisseur est compris entre 5 et 10. Le pourtour des tablettes est formé par les faces du prisme hexagonal e^2 $(10\bar{1}0)$ et par de très petites facettes, du rhomboèdre primitif, plus rarement des deux rhomboèdres p et $e^{1/2}$.

Il est très rare que ces facettes de rhomboèdre manquent tout à fait et que le cristal se réduise à un prisme hexagonal basé.

Récemment préparés, les cristaux sont incolores et parfaitement limpides, et toutes leurs faces, sauf la base, donnent au goniomètre de bonnes images. Au contact de l'air, le sel devient peu à peu opaque et se pique d'efflorescences blanches.

L'examen optique montre que la subtance est rigoureusement uniaxe. Le signe est positif. Il n'y a pas trace de polarisation rotatoire.

La composition correspond exactement à la formule :

$$Bo^2O^3,\ Li^2O,\ 16\,H^2O.$$

La densité, prise au moyen d'un mélange d'iodure de méthylène et de benzine, a été trouvée égale à 1,38; mais ce nombre est peut-être un peu trop fort, les cristaux auxquels il se rapporte paraissant avoir déjà subi un commencement de déshydratation.

Le Secrétaire, gérant, P. GAUBERT.

PARIS — IMPRIMERIE CHAIX (SUCC. B), 5, RUE DE LA SAINTE-CHAPELLE.— 2501-97.

A. Des Cloizeaux

Hélio. Dujardin

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE

ANNÉE 1897. — BULLETIN N° 8.

Compte rendu de la séance du 9 décembre 1897.

PRÉSIDENCE DE M. TERMIER.

M. LE PRÉSIDENT annonce la mort de M. A. Schrauf, membre honoraire de la Société.

M. LE PRÉSIDENT proclame : 1° Membres honoraires, MM. Fouqué et N.-S. Maskelyne ; 2° Membre perpétuel, *Specola Vaticana*, sur la présentation de MM. de Mauroy et Termier.

Deux présentations sont annoncées.

M. A. LACROIX lit la notice suivante sur M. Des Cloizeaux :

A. DES CLOIZEAUX

Par A. LACROIX.

Depuis 1894, presque chaque année a apporté à notre Société un deuil cruel : après la mort si inattendue de Mallard qui nous a été enlevé en pleine vigueur, nous avons perdu deux de nos doyens, de nos fondateurs et en

même temps de nos anciens présidents, Daubrée, puis, le 7 mai dernier, Des Cloizeaux.

Je remercie notre Président d'avoir bien voulu me charger de faire revivre devant vous la figure et l'œuvre du maître vénéré auquel m'attachait une vive et respectueuse affection.

L'histoire de Des Cloizeaux peut se résumer dans celle de son œuvre, il n'a vécu que pour la science et sa vie tout entière a été remplie par une passion exclusive et désintéressée pour la Minéralogie. Ses travaux sont l'un des points de départ d'une des branches les plus fécondes de cette science, et tous ceux qui aujourd'hui se pressent à sa suite dans l'étude des propriétés optiques des minéraux sont plus ou moins directement ses élèves.

Né à Beauvais, le 17 octobre 1817, d'une vieille famille de magistrats, Des Cloizeaux fut animé dès sa première jeunesse d'un intérêt très vif pour les minéraux: il aimait à se rappeler sa petite collection de collégien. Quand il vint à Paris pour achever ses études, il eut la bonne fortune d'avoir pour professeur de mathématiques spéciales le cristallographe Lévy. Celui-ci encouragea le goût naissant de son élève pour la minéralogie et l'engagea à suivre le cours de Dufrénoy à l'Ecole des Mines; il y fit plus tard la connaissance de H. de Senarmont. Ces savants décidèrent de sa carrière scientifique. C'est en effet sous l'influence de Lévy qu'il devint cristallographe habile; c'est surtout de Senarmont qui l'engagea dans l'étude des propriétés optiques dans laquelle il ne tarda pas à devenir un Maître.

Élu membre de l'Institut en 1869 et président de l'Académie des Sciences en 1889, Des Cloizeaux a occupé diverses fonctions dans l'enseignement de la minéralogie : répétiteur à l'École Centrale en 1843, il fut nommé Maître

de conférences à l'Ecole normale en 1857, suppléa Delafosse à la Sorbonne de 1873 à 1876 et le remplaça au Muséum en 1876, où il professa jusqu'en 1892, époque à laquelle il fut nommé professeur honoraire. Mais ses goûts l'entraînaient plutôt vers le travail personnel et solitaire que vers l'amphithéâtre. Il fut du reste, jusqu'à la fin de sa carrière, privé de laboratoire convenablement organisé et des ressources que donnent généralement les situations officielles. Il dut toujours travailler avec des moyens matériels insuffisants et à l'aide de ses ressources particulières. Dans son cabinet, encombré de livres, de brochures, d'instruments de tout genre, transformé en laboratoire et en atelier de lapidaire, il menait de front les plus délicates mesures et le travail manuel de l'opticien, aussi habile ouvrier qu'expérimentateur consommé.

Malgré leur multiplicité, les travaux de cabinet n'ont pas absorbé toute l'activité de Des Cloizeaux; bien que ses études aient été surtout du domaine de la Physique, il était naturaliste dans l'âme. Il ne voyait pas seulement dans un minéral matière à recherches physiques ou chimiques, toutes les questions se rattachant à l'origine, au gisement des minéraux, à leur rôle géologique, l'intéressaient au plus haut point. Aussi voyagea-t-il beaucoup pour voir en place les minéraux dont il étudiait la structure et les propriétés physiques : c'est au cours de ces nombreuses pérégrinations, qu'il noua d'intimes relations dans leur pays d'origine avec les minéralogistes les plus éminents de son temps : Angström, Breithaupt, Haidinger, Haussmann, N. de Kokcharoff, Miller, Naumann, vom Rath, G. Rose, Scacchi, Sella, pour ne citer que les morts.

Ses premiers grands voyages eurent lieu en 1845 et 1846. Dès cette époque, les physiciens se préoccupaient de la rareté du spath d'Islande. Biot, auprès duquel Des Cloizeaux

travaillait au Collège de France, ayant eu l'occasion de l'apprécier, le fit charger de deux missions en Islande. Des Cloizeaux ne se contenta pas de déterminer exactement le gisement du précieux minéral, il fit d'intéressantes observations sur les geysers avec son compagnon de voyage, le célèbre Bunsen, et rapporta une riche collection de minéraux et de roches qui lui servirent plus tard pour divers travaux : c'est de ce voyage que date la découverte de la christianite.

En 1868, il fut chargé par le Ministre de l'Instruction publique d'une mission en Suède, en Norvège et en Russie. A diverses reprises, il parcourut la plus grande partie du reste de l'Europe et fit en France de nombreux voyages qui lui permirent de recueillir d'innombrables observations.

Véritable bénédictin, Des Cloizeaux avait un entrain à l'œuvre, une puissance de travail, une persistance dans les desseins, une ténacité extraordinaires; il pouvait pendant de longues années poursuivre sans répit la même recherche, — ses travaux sur les feldspaths en sont un exemple, — s'isolant en quelque sorte du monde extérieur, revenant sans cesse au problème cherché au milieu des occupations de tous les jours.

Une autre caractéristique de son esprit était une honnêteté scientifique rigide, jointe à un soin constant de l'exactitude et de la précision, mais de la précision réfléchie. Il était ennemi en effet de cette précision illusoire que donnent des mesures poussées jusqu'à la seconde et effectuées sur des quantités qui d'un cristal à un autre ou même dans un même cristal peuvent varier de plusieurs minutes et même quelquefois de plusieurs degrés.

C'est cette conscience toujours en éveil qui, même à la fin de sa vie, lui rendait pénible le moment de la signature

du bon à tirer d'un travail quelconque; il cherchait jusqu'à la dernière minute à perfectionner son œuvre, la rebâtissant parfois de fond en comble, alors qu'elle semblait achevée.

Lorsque Des Cloizeaux avait touché à un sujet, il le considérait comme sien, ne le perdait plus de vue, y revenait sans cesse, au fur et à mesure qu'il perfectionnait ses méthodes ou que les travaux d'autres savants appelaient son attention sur la question. C'est ainsi qu'on le voit vers le milieu de sa carrière étudier à l'aide des propriétés optiques des cas difficiles qu'il avait jadis cherché à résoudre cristallographiquement, puis y revenir plus tard encore : ses divers mémoires sur la wöhlerite, la christianite et l'harmotome sont dans ce cas.

Des Cloizeaux lisait avec avidité tout ce qui se publiait sur la science qui lui était chère, mais en parlait peu. Quand il avait sous la main le minéral décrit, il résistait rarement, ou plutôt, il ne résistait jamais au désir de répéter l'expérience indiquée ou de vérifier la description donnée, cherchant toujours à se former une opinion personnelle sur le sujet. Cette curiosité scientifique insatiable, l'entraînant continuellement à des observations nouvelles, au milieu du travail du moment, a été l'un des éléments de succès de son *Manuel de Minéralogie*, mais elle est aussi le secret de son inachèvement.

Vivant au milieu des minéraux, vivant pour eux, il les aimait passionnément, et cet amour ne l'a abandonné qu'avec la vie. Quelques jours avant sa mort, alors qu'il ne quittait plus son lit, je lui portai quelques-uns des cristaux de cinabre que venait de décrire notre président actuel; il les prit dans ses mains défaillantes, et un rapide sourire passa sur ses lèvres à la vue de ce minéral qui lui rappelait ses chères études et l'une de ses plus brillantes découvertes.

Sous des dehors un peu brusques, Des Cloizeaux était d'une grande bienveillance, que vous avez tous été à même d'apprécier. Les jeunes gens, les débutants, aussi bien que les savants en renom, trouvaient auprès de lui un accueil plein d'aménité; je ne puis me rappeler sans émotion les encouragements qu'il me prodigua, lorsque, pauvre étudiant sans recommandations, je vins le trouver au Muséum en débarquant de ma province. Il était toujours prêt à mettre au service de celui qui le sollicitait ses profondes connaissances des minéraux et son érudition profonde.

Le premier mémoire de Des Cloizeaux date de 1842; à partir de cette époque, il n'a cessé pendant cinquante-deux ans de publier presque chaque année de nombreux travaux.

Jusqu'en 1855, son œuvre est exclusivement cristallographique; sa première publication, consacrée à l'étude des propriétés optiques des minéraux, est de cette année; dès lors, ce nouveau genre de recherches l'absorbe presque entièrement et il ne publie plus guère de travail cristallographique sans y ajouter quelques observations optiques.

Peu chimiste lui-même, Des Cloizeaux eut l'heureuse fortune de trouver dès sa première jeunesse en M. Damour, notre vénéré doyen, l'habile chimiste auquel la minéralogie doit tant d'analyses délicates, non seulement l'ami sûr auquel il devait être attaché jusqu'à la mort, mais encore le conseil dévoué qui l'a aidé souvent de son expérience et avec lequel il a publié plusieurs mémoires importants.

Les travaux cristallographiques de Des Cloizeaux ont toujours eu un but descriptif, celui de fixer la forme et de déterminer avec le plus de précision possible les constantes cristallographiques d'un grand nombre de minéraux ou de sels de la chimie. Il s'est attaqué soit à des substan-

ces nouvelles, rares ou inconnues à ce point de vue, telles que la homilite, la herderite, la beudantite, la nadorite, la huréaulite, la barytocalcite, la descloizite, la dufrénoysite, l'ilvaïte, le malacon, la gadolinite, la cymophane, la claudelite, la gay-lussite, la durangite, la greenockite et l'iodyrite, etc., soit à des minéraux communs offrant quelque incertitude dans leurs formes : apatite, gypse, anatase, réalgar, rutile, gehlenite, melilite, wolfram, niobite, christianite, harmotome, etc. Il a publié en outre de nombreuses notes sur des espèces minérales provenant de gisements nouveaux ou peu connus (adamine du Laurium, etc.).

Mais son œuvre cristallographique capitale est son mémoire sur le quartz qui est resté un modèle du genre. Il l'entreprit en 1853, à la suite de l'examen qu'il avait fait de cristaux de quartz du Valais; il était alors surtout préoccupé de la structure intime du quartz. Il voulut à cette occasion passer en revue les cristaux de collections publiques de Paris, sans avoir l'intention du reste d'entreprendre un travail cristallographique que le mémoire de G. Rose paraissait rendre superflu; il ne tarda pas cependant à trouver tant de faits nouveaux qu'il fut entraîné à écrire une véritable monographie de ce minéral; elle lui coûta plus de deux ans de travail. Aux 35 formes connues jusque-là dans le quartz, il en ajouta 134 nouvelles, faisant pour la plupart partie de zones intéressantes et offrant une complication de symboles plus grande que celle qu'on était alors habitué à trouver dans les cristaux. Tous les échantillons étudiés n'avaient pas fourni à beaucoup près de bonnes mesures; très fréquemment, Des Cloizeaux eut à hésiter entre plusieurs symboles, également compliqués; par un usage habile de la considération des zones, par un sentiment cristallographique très fin, il sut toujours faire un choix heureux entre les diverses hypothèses qui

se présentaient à lui, et les travaux plus récents effectués sur ce sujet, si souvent étudié et jamais épuisé, sont venus donner de multiples et éclatantes vérifications à son œuvre.

Les macles du quartz ont beaucoup occupé Des Cloizeaux; par des mesures nombreuses il a montré que les macles à axes parallèles, si bien étudiées par G. Rose, ne s'effectuent que rarement avec la précision théorique, qu'il y a souvent des oscillations atteignant 2° autour des nombres donnés par le calcul, exemple de cette tolérance qui s'observe si fréquemment dans les phénomènes naturels en général et dans les groupements cristallins en particulier.

Il a en outre précisé la très rare macle à axes inclinés qui porte le nom de macle de la Gardette.

L'emploi de la lumière polarisée lui permit de faire ressortir l'extrême complication des groupements intimes des cristaux de quartz, en apparence les plus purs : il en fixa les détails par ces belles photographies que vous connaissez tous et qui constituent le premier essai d'application de la photographie à la représentation des phénomènes optiques dans les cristaux.

Ses recherches cristallographiques n'ont pas toutes fait l'objet de travaux spéciaux, il en a disséminé un grand nombre dans son *Manuel de Minéralogie* et dans ses mémoires consacrés plus spécialement à des observations optiques; c'est ainsi par exemple que l'on trouve dans ses « *Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux* », travail inséré dans le tome XVII des *Mémoires des savants étrangers*, de véritables monographies cristallographiques de la carnallite, de la tachydrite, de l'adamine et de la pisanite, isomorphe de la mélantérite, de la vivianite, de la prosopite, ainsi que d'un certain nombre de sels.

Parmi ses études cristallographiques consacrées spécia-

lement à la détermination de produits artificiels, il y a lieu de citer ses travaux sur divers tartrates et sa monographie des sels de thallium, la détermination du système cristallin du silicium et du magnésium, etc.

L'autorité acquise par Des Cloizeaux comme cristallographe est attestée par la confiance accordée à ses mesures par tous les minéralogistes et par l'adoption de la plupart de ses données par les auteurs des traités les plus récents. Mais son influence dans la science cristallographique s'est manifestée d'une autre façon encore ; c'est grâce à lui en effet, grâce à l'exemple qu'il a donné dans ses mémoires et dans son *Manuel de Minéralogie* que la notation cristallographique de son maître Lévy est devenue en France le système universellement adopté. Des Cloizeaux se plaisait à faire valoir sa grande commodité, ses avantages au point de vue descriptif, au point de vue de l'enseignement oral et de l'inscription sur les figures des cristaux de symboles qui, dans le plus grand nombre de cas, sont constitués par une seule lettre. Il ne se dissimulait pas cependant l'inconvénient qu'il présente d'avoir des axes différents de ceux des autres systèmes de notation, mais son attachement à ce genre d'axes tenait à son grand désir de donner une réalité objective à la forme primitive du cristal qu'il étudiait, à choisir pour celle-ci une forme fréquemment réalisée dans la nature et possédant quelque propriété physique intéressante, telles que des clivages par exemple. Il était du reste grand admirateur de Miller et de son système qu'il utilisait fréquemment pour le calcul.

Les travaux cristallographiques qui viennent d'être brièvement passés en revue suffiraient à eux seuls pour établir la réputation d'un savant, ils ne forment cependant qu'une faible part de l'œuvre scientifique de Des Cloizeaux.

La partie la plus durable de celle-ci est constituée en

effet par ses travaux sur les *propriétés optiques des minéraux*. Pour l'apprécier avec justice, il faut se reporter au point où en était la connaissance de celles-ci lorsqu'il les aborda.

Elles n'étaient guère encore sorties des laboratoires de physique. Des Cloizeaux m'a raconté bien souvent ses premières expériences effectuées au Collège de France sous la direction de Biot pour la mesure des angles d'extinction des clivages du gypse, sans microscope, par rotation d'une large lame entre deux nicols placés aux extrémités d'un tube incliné. Les microscopes d'Amici et de Nörremberg faisaient alors leur apparition et son premier instrument construit à l'aide de lentilles que lui avait envoyées Amici lui-même est conservé au Muséum comme une précieuse relique. Il y a loin de cette pesante machine aux délicats instruments dont se servent aujourd'hui les débutants de nos laboratoires.

Personne alors parmi les minéralogistes français, sauf son maître de Senarmont, trop tôt enlevé à la science, ne se doutait de l'importance que devaient prendre les propriétés optiques dans l'étude des minéraux, et Des Cloizeaux m'a montré des lettres de son ami de Marignac, écrites dans la période de tâtonnements qui précéda ses premiers mémoires, lettres dans lesquelles le célèbre chimiste et cristallographe le raillait affectueusement de son entêtement dans une semblable voie.

Aux prises avec de multiples difficultés, mais animé de cette ardeur et de cette persévérance qui étaient parmi ses qualités maîtresses, Des Cloizeaux sut trouver de grandes ressources dans son esprit ingénieux et inventif. Sous sa main, le microscope de Nörremberg construit par Soleil prend une forme nouvelle ; son champ augmente, permettant d'observer les plus délicats phénomènes avec des plaques de dimensions relativement restreintes. Les limites

d'observation, nécessairement très étroites jusque-là, s'élargissent. Des Cloizeaux voit dès lors devant lui une source presque illimitée de recherches, il fait le rêve enthousiaste de déterminer les propriétés optiques de tous les corps transparents et translucides, étendant ses recherches au delà des limites habituelles à la plupart des minéralogistes de son temps, effaçant les barrières factices qui limitaient leurs observations aux seuls corps existant dans la nature et annexant tous les sels de la chimie. Il se mit à l'œuvre avec une ardeur dévorante qui ne devait s'éteindre qu'avec la vie.

A l'ancien procédé employé pour mesurer l'écartement des axes optiques par rotation de la lame, taillée normalement aux bissectrices, autour de l'axe d'un goniomètre de Wollaston, il substitua le microscope horizontal qui est aujourd'hui encore en usage, le disposant pour les mesures dans l'air ou dans un liquide approprié pour les substances ayant un écartement d'axes très grand. Lorsque plus tard ses travaux sur les variations de l'écartement des axes optiques le nécessitèrent, il disposa l'original appareil qui a donné entre ses mains de si intéressants résultats.

Jusqu'à lui, l'étude de la dispersion s'était faite par la mesure directe de l'écartement des axes optiques pour diverses lumières monochromatiques. Plusieurs physiciens, Nörremberg, Neumann, Herschell et plus récemment de Senarmont, avaient constaté dans les sections taillées perpendiculairement aux bissectrices des cristaux biaxes les variétés que présente la disposition des couleurs constituant les anneaux colorés. Des Cloizeaux s'empara de ces observations, montra leur généralité, les systématisa et mit en lumière leur importance pour la détermination du système cristallin des substances biaxes. Il

étudia la distribution des couleurs dans les lames des minéraux rhombiques, suivant le sens de la dispersion des axes optiques. Dans les substances monocliniques, il définit les dispersions *inclinée*, *tournante* ou *croisée* des bissectrices, suivant la position de ces dernières, et enfin étudia dans les substances tricliniques les mélanges de ces diverses dispersions. Ce nouveau procédé d'investigation prit entre ses mains une très grande importance; il le maniait du reste avec une habileté incomparable. Son œil percevait dans une figure donnée par la lumière convergente, des nuances qui surprenaient un observateur moins exercé. Les déductions qu'il en tirait et qu'il cherchait du reste toujours à vérifier par d'autres procédés étaient rarement en défaut.

Enfin, pour terminer l'énumération des méthodes que la science minéralogique doit à Des Cloizeaux, il me reste à rappeler les formules qu'il a employées pour calculer l'indice moyen et l'écartement réel des axes optiques des substances biaxes, en fonction de l'angle apparent des axes optiques, mesuré autour de chacune de leurs bissectrices.

L'âge n'avait en rien affaibli son ardeur pour les recherches d'un genre nouveau et lorsqu'il y a dix ans des perfectionnements apportés aux anciens appareils vinrent modifier les procédés d'investigation qu'il avait toujours pratiqués, lorsque surtout notre collègue M. E. Bertrand construisit un microscope analogue à celui dont se servent les pétrographes et dans lequel était introduite la lentille qui porte le nom de ce savant, vit-on Des Cloizeaux abandonner résolument pour toujours l'instrument de ses anciennes recherches et se remettre au travail avec une ardeur juvénile, revoyant en quelques années avec le nouveau microscope toutes les préparations de cristaux qu'il avait étudiés depuis vingt-cinq ans, s'achar-

nant sur toutes les substances qu'il n'avait pu jadis débrouiller complètement, donnant ainsi à ses élèves un entraînant et fortifiant exemple.

Il ne peut guère être question dans cette notice de passer en revue, même brièvement, tous les mémoires consacrés par Des Cloizeaux à l'étude des propriétés optiques des substances cristallisées, je me contenterai donc de noter les principaux. En 1857, 1858 et 1867 il a publié dans les *Annales des Mines* et dans le *Recueil des savants étrangers* trois grands mémoires renfermant le résultat de ses recherches et montrant le progrès de ses méthodes ; il y passe en revue d'une façon plus ou moins complète les propriétés optiques de 468 minéraux ou sels, ce qui constitue à peu de chose près le bilan de ce qui était connu à ce point de vue au moment de leur publication.

Dans le mémoire de 1857, qui lui servit de thèse de docteur ès sciences physiques, Des Cloizeaux étudie particulièrement le signe optique des substances biréfringentes en montrant son importance pour la distinction des substances minérales. Sous l'influence d'un récent mémoire de H. de Senarmont sur les propriétés optiques des corps isomorphes, il insiste sur ce que des corps isomorphes peuvent avoir des signes optiques différents. D'autre part, frappé par la découverte qu'il vient de faire de types positifs et de types négatifs dans l'apophyllite, la pennine, le clinochlore, l'eudyalite (eucolite), il définit l'*espèce* minérale telle qu'il la comprendra désormais, c'est-à-dire la réunion des individus dont tous les caractères chimiques et optiques sont semblables, alors que le *groupe* ou la *famille* se composera de la réunion des individus ayant la même forme cristalline, mais dont la composition chimique offre des variations soumises aux lois de l'isomorphisme et dont les propriétés optiques peuvent se manifester par des signes

contraires, les différences de propriétés optiques étant consécutives des variations chimiques.

Son second mémoire, paru en 1858, montre un grand progrès dans les méthodes, c'est à partir de ce moment qu'il utilise d'une façon constante les caractères tirés de la dispersion et qu'il les définit. Dans un mémoire publié en 1864, il est revenu avec plus de détails sur ce dernier sujet et a donné la description circonstanciée de toutes les méthodes employées par lui pour la détermination des propriétés optiques des corps cristallisés.

Enfin son troisième grand mémoire, publié en 1867, est consacré non seulement à la suite des recherches précédentes, mais encore à la publication d'un travail poursuivi pendant plusieurs années sur la variation que l'écartement des axes optiques présente sous l'influence de la chaleur.

Des modifications temporaires dans l'écartement et la position des axes optiques étaient connues dans le gypse et dans la glauberite. Des Cloizeaux découvrit que l'orthose présente cette même propriété ; en chauffant une lame de ce feldspath taillée perpendiculairement à sa bissectrice aiguë, il vit les axes optiques disposés tout d'abord dans un plan parallèle au plan de symétrie, se resserrer, se réunir, puis s'ouvrir dans un plan perpendiculaire au premier. Quand l'échauffement ne dépasse pas 400°, par refroidissement le phénomène se produit dans un ordre inverse ; mais si la température est poussée à 700 ou 800°, les modifications deviennent permanentes. Cette observation d'un phénomène nouveau présentait d'autant plus d'intérêt qu'il existe des gisements volcaniques dans lesquels l'orthose possède le second mode de disposition du plan des axes optiques. Après cette brillante découverte, Des Cloizeaux suivant sa méthode habituelle se hâta d'essayer l'action de la chaleur sur tous les corps qu'il avait précédemment étudiés ; il ne

retrouva des phénomènes identiques à ceux de l'orthose que dans trois substances : la brookite, la cymophane et la zoïsite ; mais dans un grand nombre de cristaux biaxes il observa des variations reversibles. Dans beaucoup de substances orthorhombiques, l'angle des axes optiques varie sous l'influence de la chaleur dans des proportions plus ou moins grandes qu'il détermina. Dans les minéraux monocliniques, il constata en outre pour quelques-uns d'entre eux des variations dans la position des deux indices compris dans le plan de symétrie. Quant aux minéraux tricliniques étudiés à ce point de vue, ils ne lui montrèrent aucune modification appréciable.

L'étude de la polarisation rotatoire, abordée au point de vue expérimental, fut pour lui une source d'importantes découvertes ; c'est ainsi qu'il trouva le pouvoir rotatoire du cinabre, dix-sept fois plus considérable que celui du quartz, qu'il fit voir que le sulfate de strychnine possède à la fois le pouvoir rotatoire dans ses cristaux et dans ses dissolutions, ce fut le premier corps connu possédant cette propriété. Il montra par contre que le benzile ne possédait le pouvoir rotatoire que dans ses cristaux et les camphres seulement dans leurs dissolutions.

Avant d'aborder une des œuvres capitales de Des Cloizeaux, je tiens à citer les mémoires dans lesquels il établit, à l'aide des propriétés optiques, l'existence de types orthorhombiques dans les groupes jusqu'alors considérés comme exclusivement monocliniques, la zoïsite dans celui des épidotes, l'hypersthène, l'enstatite, la bronzite dans celui des pyroxènes, l'anthophyllite et la gedrite parmi les amphiboles, — les mémoires dans lesquels il fit voir que les minéraux à terres rares (gadolinite, orthite, homilite, etc.), dont il avait étudié les propriétés pyrognostiques curieuses en commun avec M. Damour étaient formés par

des plages biréfringentes (dont il a déterminé les propriétés optiques), noyées dans une masse monoréfringente provenant probablement de l'hydratation des premières, — ses mémoires sur les formes et les propriétés optiques du wolfram, de l'amblygonite et de la montrebasite, de l'huréaulite, de la descloizite, de l'orpiment, de la cryolite et des minéraux qui l'accompagnent, de la téphroïte, de la durangite, de la wöhlérite, de l'harmotome, de la christianite, de la gismondine, de la crocoïse, de la vauquelinite, de la nadorite, des trois types de humite de Scacchi, dans lesquels il établit l'existence d'un type rhombique et de deux types monocliniques à propriétés optiques différentes, enfin sa note sur l'existence d'un carbonate de fer et de magnésie dans la météorite d'Orgueil.

Des Cloizeaux a en outre établi, soit seul, soit en collaboration avec M. Damour, un certain nombre d'espèces minérales : la christianite, l'ottrelite, la chalcoménite, la serpiérite et surtout le microcline.

J'arrive maintenant à une longue série de recherches qui ont occupé Des Cloizeaux pendant plus de vingt ans, je veux parler de ses travaux sur les feldspaths ; ces minéraux ont une importance considérable au point de vue de leur rôle dans la constitution des roches. Leur connaissance est la base même de tous les systèmes de classification pétrographique et c'est là une des causes principales de l'intérêt passionné que leur a porté Des Cloizeaux. On a vu déjà plus haut à quelle découverte importante l'avait conduit l'étude de l'orthose; en poussant plus loin l'examen microscopique de ce minéral, il vit qu'un grand nombre de cristaux, ayant la même composition chimique que ce minéral, étaient en réalité tricliniques, avec forme limite monoclinique, il montra les curieuses macles et les propriétés optiques de cette substance nouvelle qu'il appela

microcline, reprenant un ancien nom de Breithaupt, et dont les propriétés optiques, à l'inverse de celles de l'orthose, présentent une remarquable stabilité à toutes les températures. Ce fut un véritable triomphe pour ses délicates méthodes d'investigation que de l'avoir conduit à la découverte d'une espèce nouvelle dans un groupe de minéraux aussi connus que les feldspaths potassiques sur lesquels le dernier mot semblait dit.

C'est à Des Cloizeaux que nous devons les premières notions précises sur les propriétés optiques des plagioclases; leur détermination présentait de nombreuses difficultés, non seulement à cause de la dissymétrie triclinique de ces feldspaths, mais encore en raison de la rareté de leurs cristaux et de leurs petites dimensions. Il eut besoin de toute son ingéniosité, de toute son habileté manuelle pour mener à bien son œuvre par approximations successives.

Après avoir établi d'une façon aussi exacte que le permettaient les méthodes employées et la nature des échantillons étudiés, les propriétés optiques de tous les plagioclases, Des Cloizeaux s'est surtout attaché à l'étude détaillée des types acides, de l'albite à l'andésine, montrant notamment les variations que présentent à ce point de vue les oligoclases; il a eu la satisfaction de voir un de ses confrères, M. Fouqué, continuer son œuvre pour les plagioclases basiques.

Les données fournies par Des Cloizeaux sur les plagioclases ont permis en 1875 à M. Michel Lévy de construire ses courbes sur les extinctions en zone de ces feldspaths, elles ont fourni à Mallard les bases de son mémoire sur la loi de Tschermak. Aimant peu les controverses et les théories, Des Cloizeaux s'est tenu presque à l'écart de la discussion soulevée par cette loi célèbre, s'applaudissant

toutefois des progrès énormes qu'elle faisait faire à la connaissance des feldspaths et de la part qu'y prenaient ses disciples.

Des Cloizeaux avait dès l'origine senti toute la portée de son œuvre au point de vue de l'étude des importantes et des multiples questions qu'elle soulève. Sans avoir lui-même participé directement à la transformation de la pétrographie moderne, il n'ignorait pas que ses travaux avaient contribué pour une très large part à l'éclosion et au progrès de cette nouvelle branche de la minéralogie et il était heureux d'en suivre le rapide essor.

En terminant, il me reste à parler de l'œuvre de prédilection de Des Cloizeaux, de celle à laquelle il a travaillé tant qu'il a pu tenir une plume et dans laquelle il s'est mis tout entier, de ce beau livre qu'il a appelé modestement *Manuel de Minéralogie*. Lorsqu'il l'entreprit, il voulait seulement publier une traduction de l'ouvrage de Brooke et Miller, *An elementary introduction to Mineralgy*, mais bientôt les nombreuses observations personnelles qu'il avait recueillies le conduisirent à écrire un livre nouveau, resté malheureusement inachevé.

Ce livre diffère de tous ceux qui l'ont précédé par deux points principaux. Des Cloizeaux s'était donné la tâche d'indiquer en détail les propriétés optiques de tous les minéraux transparents ou translucides ; il s'était proposé d'autre part de faire pour chaque espèce minérale l'inventaire de toutes les formes connues et d'établir de longues listes d'angles calculés, soigneusement classés par zones suivant un ordre invariable qui évite de longues recherches, et mis en regard des angles mesurés par divers auteurs ou par lui-même. Cette comparaison des données de l'expérience et du calcul avait pour but de mettre en lumière les variations que sont susceptibles de

présenter les angles d'une même espèce minérale suivant les variations de composition chimique et suivant les gisements de celle-ci. L'introduction des projections stéréographiques dont Miller venait de faire un si habile usage donna à cet inventaire cristallographique une clarté toute particulière.

Des Cloizeaux s'était donné pour règle de ne jamais citer dans son *Manuel* un seul nombre sans le vérifier par le calcul, et il faut avoir assisté, comme j'ai eu l'occasion de le faire, à l'exécution d'une partie de cette œuvre pour se rendre compte du prodigieux effort de travail qu'elle a coûté à son auteur.

Dans son *Manuel*, Des Cloizeaux établit l'état de la science au moment où il écrit, effaçant complètement sa personnalité, n'ayant aucun souci de mettre en première place les innombrables observations originales qu'il y sème à chaque page et d'échapper ainsi au reproche de compilation qui atteint infailliblement tout auteur d'un ouvrage de ce genre.

Est-il besoin de vous rappeler, à vous qui êtes pour la plupart au nombre de ses collaborateurs de la première heure, la part prépondérante prise par Des Cloizeaux à la création de notre Société, l'une des plus chères affections de ses vingt dernières années.

Jusqu'en 1878, il n'existait aucun lien entre les minéralogistes français, dont les travaux étaient épars dans diverses publications.

Des Cloizeaux employa sa grande autorité et son entrain habituel à l'établissement de ce trait d'union entre tous ceux qui, de près ou de loin, s'intéressent aux études minéralogiques.

Deux fois notre président (1), il a été parmi les plus assidus

(1) En 1878, à la fondation de la Société, et en 1899.

à nos réunions et quand la maladie le retint définitivement loin de nous, il voyait venir avec impatience le lendemain des séances, pour en apprendre les plus minutieux détails.

Aussi, parmi les nombreux honneurs et marques d'estime qu'il reçut dans sa longue carrière, n'y en eut-il aucun qui l'ait plus profondément touché que celui dont notre Société prit l'initiative en 1894 en lui apportant par la bouche de Mallard et de M. Michel-Lévy le témoignage de l'admiration et de la respectueuse affection de nous tous.

LISTE DES OUVRAGES ET MÉMOIRES
PUBLIÉS PAR A. DES CLOIZEAUX

C. R. (*Comptes Rendus*). B. S. M. (*Bulletin de la Société française de Minéralogie*).
A. M. (*Annales des Mines*). A. C. P. (*Annales de Chimie et de Physique*).

1842. — Extrait d'un mémoire de M. Haidinger sur les principaux minerais de manganèse (*A. M.*, I, p. 409). — Cristallisation de l'aeschynite (*A. M.*, II, p. 349). — Cristallisation de la chaux phosphatée (*A. M.*, II, p. 352). — De l'ottrélite, nouvelle espèce minérale (en commun avec M. Damour) (*A. M.*, II, p. 357). — Détermination des formes primitives et secondaires de la monazite, nouvelle espèce minérale (*A. M.*, II, p. 362).

1843. — Détermination des formes cristallines de la Gay-Lussite (*A. C. P.*, VII, p. 489). — Recherches chimiques et cristallographiques ayant pour résultat la réunion de la mellilite et de la humboldtilite en une seule et même espèce minérale (en commun avec M. Damour) (*C. R.*, XVII, p. 1245).

1844. — Nouvelle détermination de la forme primitive du gypse (*A. C. P.*, X, p. 53). — Note sur la détermination de la forme primitive de la humboldtilite (*A. C. P.*, X, p. 69). — Examen cristallographique et réunion du néoctèse à la scorodite (*A. C. P.*, X, p. 402). — Note sur les formes cristallines de l'anatase (*A. C. P.*, X, p. 420). — Note sur les formes cristallines du réalgar (*A. C. P.*, X, p. 422). — Analyses de quelques substances minérales; pennine, chlorite hexagonale et talc (en commun avec de Marignac) (*A. C. P.*, X,

p. 427; *Bibliothèque universelle de Genève*, XLIX, p. 131, n° 97. Janvier).

1845. — Formes cristallines du cadmium sulfuré (*A. C. P.*, XIII, p. 326). — Description de quatre arséniates de cuivre différents par leur composition et leurs caractères cristallographiques (en commun avec M. Damour) (*C. R.*, XX, p. 148). — Examen cristallographique de cinq variétés d'arséniate de cuivre (*A. C. P.*, XIII, p. 417. — Étude cristallographique des nitrates de protoxyde de mercure (*C. R.*, XX, p. 1303). — Nouvel examen des formes cristallines de la cymophane (*A. C. P.*, XIII, p. 334). — Formes cristallines de la perowskite (*A. C. P.*, XIII, p. 338). — Nouvelles recherches sur les deux variétés de barytocalcite (en commun avec M. Delesse) (*A. C. P.*, XIII, p. 428; *A. M.*, VIII, p. 643; *A. C. P.*, XIII, p. 436). — Astérie fixe offerte par deux plaques de diamant (*C. R.*, XX, p. 514; *A. C. P.*, XIV, p. 301). Observations minéralogiques faites en Islande pendant l'été de 1845 (*C. R.*, XXII, p. 736). — Note sur la hauteur de l'Hékla et sur l'éruption de ce volcan au mois de septembre 1845 (*C. R.*, XXIII, p. 771). — Conferves recueillies en Islande dans une source thermale à une température de 98° C (*C. R.*, XXIII, p. 934). — Os d'agneaux affectés d'exostose recueillis en Islande (*C. R.*, XXIII, p. 934.) — Observations sur la température des geysers d'Islande (en commun avec W. Bunsen) (*C. R.*, XXIII, p. 934). — Examen cristallographique et réunion de la morvenite à l'harmotome (*C. R.*, XXII, p. 745; *A. M.*, IX, p. 339).

1846. — Sur la willémite (en commun avec Delesse) (*A. M.*, X. p. 211).

1847. — Observations physiques sur les principaux geysers d'Islande (*C. R.*, XXIV, p. 456). — Mémoire sur les formes cristallines de la greenovite (*A. C. P.*, XX, p. 84). — Mémoires sur la christianite, nouvelle espèce minérale (*C. R.*, XXV, p. 710; *A. M.*, XII, p. 373). — Détermination des formes cristallines de la gehlenite (*A. M.*, XII, p. 382). — Observations sur la température à diverses profondeurs des principaux geysers d'Islande (*A. C. P.*, XIX, p. 444). — Sur le gisement du spath d'Islande (*Bulletin de la Société géologique*, 2e série, IV, p. 768).

1848. — Note sur la forme cristalline du malakon, hydrosilicate de zircon, de Chanteloube (Haute-Vienne) (*A. C. P.*, XXIV, p. 94; *A. M.*, XV, p. 108).

1849. — Notice de l'arkansite des États-Unis (en commun avec M. Damour) (*A. M.*, XV, p. 447).

1850. — Mémoire sur les formes cristallines du wolfram (*A. C. P.*, XXVIII, p. 162).

1854. — Détermination de la forme cristalline de la wöhlérite (*A. C. P.*, XL, p. 76). — Note sur la forme cristalline de l'iodure d'argent et son isomorphisme avec le sulfure de cadmium (*A. C. P.*, XL, p. 85). — Note sur la forme cristalline d'un nouveau vanadiate de plomb (*A. C. P.*, XLI, p. 78).

1855. — Mémoire sur la cristallisation et la structure intérieure du quartz (*C. R.*, XL, p. 101; *A. C. P.*, XLV, p. 129). — Note accompagnant l'envoi au nom de M. Greg, d'un morceau de fer météorique renfermant des globules de plomb métallique (*C, R.*, XLI. p. 490). — Note sur le diamant noir (*A. M.*, VIII, p. 1885 et 304). — Notices minéralogiques sur la dufrénoysite, la baiérine et l'ilvaïte (*A. M.*, VIII, p. 389).

1856. — Note sur la forme cristalline du silicium (*Société philomatique*, 23 février 1856). — Sur la cristallisation et les propriétés optiques du quartz (*L'Institut*, XXIII, p. 161).

1857. — Mémoire sur l'emploi des propriétés optiques biréfringentes pour la distinction et la classification des minéraux cristallisés (*C. R.*, XLIV, p. 322; *A. M.*, XI, p. 261, 342; *L'Institut*, XXVI, 1858. p. 111, 112). — Note sur l'existence de la polarisation circulaire dans le cinabre (*C. R.*, XLIV, p. 876-878). — Note sur la découverte de la polarisation circulaire dans les cristaux de cinabre et sur l'existence simultanée du pouvoir rotatoire dans les cristaux et dans les dissolutions de sulfate de strychnine (*L'Institut*, XXV, p. 149; *Pogg. Ann.*, CII, p. 471). — Complément à la note sur l'existence de la polarisation circulaire dans le cinabre et observations sur le pouvoir rotatoire des cristaux de sulfate de strychnine (*C. R.*, XLIV, p. 909; *A. C. P.*, p. 41-361; *Pogg. Ann.*. CII, p. 474). — Examen de divers échantillons de sables aurifères et platinifères d'Antioquia (en commun avec M. Damour) (*A. C. P.*, LI, p. 445).

1858. — Détermination des formes cristallines et des propriétés optiques de l'hurésulite (*C. A. P.*, LIII, p. 293). — Propriétés optiques biréfringentes et forme cristalline de la liroconite (*L'Institut*, XXVI. p. 420). — Sur la cristallisation et la structure intérieure du quartz (*C. R.*, XLVII, p. 29); *Recueil des Savants étrangers*, XV. p. 404-614). — Deuxième mémoire sur l'emploi des propriétés optiques biréfringentes en minéralogie (*A. M.*, XIV, p. 339).

1859. — Nouvelles recherches sur les propriétés biréfringentes des corps cristallisés (*C. R.*, XLVIII, p. 262 et 849). — Étude du camphre au point de vue de la cristallographie chimique (*C. R.*, XLVIII. p. 1064). — Note sur la forme cristalline et les propriétés optiques du camphre (*A. C. P.*, LVI, p. 219). — Mémoire sur les

formes cristallines et les propriétés optiques de la zoïsite, de la sillimanite et de la wöhlérite et note sur une nouvelle disposition du microscope polarisant (*A. M.*, XVI, p. 219).

1860. — Examen des propriétés optiques et pyrogénétiques des minéraux connus sous le nom de gadolinite, allanite, orthite, euxénite, tyrite, yttrotantalite et fergusonite (en commun avec M. Damour) (*A. C. P.*, XLIX, p. 357).

1861. — Sur un nouveau procédé pour mesurer l'indice moyen et l'écartement des axes optiques dans certaines substances et sur la séparation de plusieurs espèces minérales regardées jusqu'ici comme isomorphes (*C. R.*, LII, p. 784-790). — Note sur les formes cristallines d'un oxyde de manganèse artificiel (*C. R.*, LII, p. 1323). — Sur la forme des cristaux artificiels de fer oligiste produits dans les fours de M. Kuhlmann (*C. R.*, LII, p. 1325). — Note sur les modifications temporaires et sur une modification permanente que l'action de la chaleur apporte à quelques propriétés optiques du feldspath orthose (*C. R.*, LIII, p. 64). — Note sur la présence du zinc carbonaté, de la lherzolite et de la fluorine dans la chaîne des Pyrénées aux environs des Eaux-Bonnes (*Bull. Soc. géol.*, XIX, p. 416).

1862. — Manuel de Minéralogie (*Paris, Dunod*, édit., I, 1 vol. in-8°. XLVIII, 572 pages et atlas). — Relation entre les phénomènes de la polarisation rotatoire et les formes hémièdres ou hémimorphes des cristaux à un ou deux axes optiques (*British Association*, p. 38). — Nouvelles observations sur les modifications permanentes et temporaires que l'action de la chaleur apporte à certaines propriétés optiques de plusieurs corps cristallisés (*C. R.*, p. 651; *A. C. P.*, LXVIII, p. 191 ; *A. M.*, II, p. 327; *Bull. Soc. géol. de France*, XX, p. 41; *Pogg. Ann.*, CXIX, p. 481). — Note sur la forme cristalline et les propriétés optiques de la téphroïte (*A. M.*, II, p. 339).

1863. — Note sur les formes cristallines et les propriétés optiques biréfringentes du castor et du pétalite (*C. R.*, LVI, p. 488). — Sur le pseudodimorphisme de quelques composés naturels ou artificiels (*C. R.*, LVI, p. 1018); *Bull. Soc. chimique*, p. 290-300). — Sur les propriétés optiques biréfringentes et sur la forme cristalline de l'amblygonite (*C. R.*, LVII, p. 357). — Note sur la classification des roches dites hypérites et euphotides (*Bull. Soc. géol. de France*, XXI, p. 105).

1864. — Sur la présence d'un carbonate de magnésie et de fer dans la météorite d'Orgueil (*C. R.*, LIX, p. 829). — Mémoire sur le pseudodimorphisme de quelques composés naturels et artificiels (*A. C.*

P., I, p. 313). — Note sur les formes cristallines et les propriétés optiques biréfringentes du castor et du pétalite (*A. C. P.*, III, p. 264). — Mémoire sur l'emploi du microscope polarisant et sur l'étude des propriétés optiques biréfringentes propres à déterminer le système cristallin dans les cristaux naturels ou artificiels (*A. M.*, VI, p. 557-575).

1865. — Mémoire sur l'emploi du microscope polarisant et sur l'étude des propriétés optiques biréfringentes propres à déterminer le système cristallin dans les cristaux naturels ou artificiels (*C. R.*, LXI, p. 39; *Ann. Poggend.*, CXXVI, p. 387). — Sur la présence d'un carbonate de magnésie et de fer cristallisé dans la météorite d'Orgueil (*Ann. Poggend.* CXXIV, p. 191; *B. S. F.*, XXII, p. 24). — Origine de la karstenite de Modane, en Savoie (*B. S. F.*, XXII, p. 25); — De l'étude des propriétés optiques biréfringentes des cristaux (*Schweizer naturf. Gesell, Verhandl.*, XLIX, p. 64).

1866. — Bemerkungen zum Aufsatz von Herrn F. Pfaff : Ueber die Bestimmung der Brechungsexponenten doppeltbrechender Substanzen aus ihren Polarisationwinkeln (*Ann. Poggend.*, CXXIX, p. 479). — Sur la forme cristalline et les propriétés optiques de l'adamine (*C. R.*, LXII, p. 695; *B. S. C.*, V, p. 438). — Sur les propriétés optiques des cristaux naturels ou artificiels, et sur les variations que ces propriétés éprouvent sous l'influence de la chaleur (*C. R.*, LXII, p. 987; *Ann. Poggend.* CXXIX, p. 345).— Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux naturels ou artificiels, et sur les variations que ces propriétés éprouvent sous l'influence de la chaleur (*Rec. des Savants étrangers*, XVIII, p. 511-752). — Note sur la tankite (*Mém. Soc. min. Saint-Pétersbourg*, II). — Leçon sur les propriétés optiques biréfringentes propres à déterminer le système cristallin dans les cristaux (*Société chimique*, p. 379).

1867. — On the crystalline form of Pachnolite (*Amer. J. of Sc.*, XLIII, p. 267). — Note on the optical character or different micaceous mineral called Margarite (*Amer. J. of Sc.*, XLIV, p. 283).

1868. — Sur la forme clinorhombique à laquelle on doit rapporter l'harmotome et la wöhlérite, d'après de nouvelles recherches sur la dispersion de leurs axes optiques (*C. R.*, LXVI, p. 199; *A. C. P.*, XIII, p. 416; *Mém. Soc. min. Saint-Pétersbourg*, III; *Phil. Trans.*, CLVIII, p. 565; *Proc. Roy. Soc.*, XTI, p. 319; *Phil. Mag.*, XXXV, p. 461).

1869. — Études chimiques, optiques et cristallographiques sur les sels de thallium (en commun avec Lamy) (*C. R.*, LXVI, p. 1146; *A. C. P.*, XVII, p. 310). — Note sur la forme cristalline et sur les pro-

priétés optiques du paratartrate de potasse (*A. C. P.*, XVII, p. 365). — On a transparent wolfram (*Amer. J. of Sc.*, XLVIII, p. 137). — Sur l'existence du pouvoir rotatoire dans les cristaux de benzyle (*C. R.*, LXVIII, p. 308; *A. C. P.*, CXXXVII, p. 629). — Sur la forme cristalline, les propriétés optiques et la composition chimique de la gadolinite (*C. R.*, LXVIII, p. 1114; *A. C. P.*, XVIII, p. 305). — Nouvelles recherches cristallographiques et optiques sur la forme clinorhombique du wolfram (*C. R.*, LXIX, p. 868; *A. C. P.*, XIX, p. 168). — Sur la véritable nature de l'esmarkite (*C. R.*, LXIX, p. 871).

1870. — Sur la véritable nature de l'esmarkite (*A. C. P.*, XIX, p. 176). — Note sur l'émeraude morallon des mines de Muso (Nouvelle-Grenade) (*A. C. P.*, XIX, p. 333). — Note sur quelques dérivés cristallisés des hydrocarbures de la houille (*C. R.*, LXX, p. 587). Sur la forme clinorhombique de l'oxyde rouge de mercure (*C. R*, LXX, p. 830; *A. C. P.*, XX, p. 281). — Note sur la forme cristalline et les propriétés optiques d'une combinaison de protochlorure de platine et de triéthylphosphine analogue au sel de Magnus (*C. R.*, LXX, p. 970). — Sur les propriétés optiques du benzyle et de quelques corps de la famille du camphre, à l'état de cristaux et à l'état de dissolution (*C. R.*, LXX, p. 1209; *A. C. P.*, CXLI, p. 300). — Note sur la montebrasite (*C. R.*, LXXII, p. 306; *A. M.*, XX, p. 22).

1871. — Note sur les formes cristallines de la nadorite (*C. R.*, LXXII, p. 81); (*A. M.*, XX, p. 32). — Observations optiques et cristallographiques sur la montebrasite et l'amblygonite de Montebras (Creuse) (*C. R.*, LXXIII, p. 1247).

1872. — Mémoire sur une nouvelle localité d'amblygonite et sur la montebrasite, nouveau phosphate d'alumine et de lithine hydraté (*A. C. P.*, XXVII, p. 385). — Note sur la wavellite de Montebras (*A. C. P.*, XXVII, 405). — Mémoire sur les propriétés optiques les plus propres à déterminer le type cristallin des espèces naturelles ou artificielles dont les cristaux sont imparfaits ou offrent une forme limite (*Ass. franç. pour l'avancement des sciences*, I, p. 323). — Nouvelle note sur l'amblygonite et la montebrasite (*C. R.*, LXXV, p. 114). — Sur la composition chimique de la gadolinite (*A. M.*, I, p. 157). — Sur le thallium (en commun avec MM. Wilm et Lamy) (*A. M.*, I, p. 157).

1873. — Note sur la détermination des dimensions relatives de la forme fondamentale de l'amblygonite (*C. R.*, LXXVI, p. 319); (*A. C. P.*, XXIX, 82). — Rapport sur un mémoire de M. Fouqué intitulé : « Nouveaux procédés d'analyse médiate des roches et leur appli-

cation aux laves de la dernière éruption de Santorin » (*C. R.*, LXXVI, p. 1182). — Ueber Leucit und Analcim (*Zeitsch. deutsch. geol. Gesellsch.*, XXV, p. 566).

1874. — Manuel de Minéralogie (*Paris, Dunod, édit.*, II, 1er fasc., p. I à LII et 1 à 208 et atlas). — Observations relatives à une communication de M. Lawrence Smith intitulée : Curieuse association de grenat, d'idocrase et de datholite (*C. R.*, LXXIX, p. 814). — Sur la forme cristalline et sur les propriétés optiques de la durangite (*Ass. franç. pour l'avancement des Sciences*, III, p. 388; *A. C. P.*, IV, p. 401).

1875. — Sur les propriétés optiques biréfringentes caractéristiques des quatre principaux feldspaths tricliniques et sur un procédé pour les distinguer immédiatement les uns des autres (*C. R.*, LXXX, p. 364); (*A. C. P.*, IV, p. 429). — Note sur l'élément pyroxénique de la roche associée au platine de l'Oural (*C. R.*, LXXX, p. 785). — Ueber Perowskit; über die Bestimmung der vier hauptsächlichsten triklinen Feldspathe auf optischen Wege (*Neues Jahrb. Min.*, p. 279). — Ueber Leucit Krystalle von Pompeji; Salit von Nischne Tagilsk; über Eukrit und die triklinen Feldspathe (*Neues Jahrb. Min.*, p. 395).

1876. — Mémoire sur l'existence, les propriétés optiques et cristallographiques et la composition chimique du microcline, nouvelle espèce de feldspath triclinique à base de potasse, suivi de remarques sur l'examen microscopique de l'orthose et des divers feldspaths tricliniques (*C. R.*, LXXXII, p. 885, et LXXXIII, p. 878); (*A. C. P.*, IX, p. 433). — Examen microscopique de l'orthose et des divers feldspaths tricliniques (*C. R.*, LXXXII, p. 1017). — On the crystallographic relations of the three types of chondrodite (humite) (*Amer. Journ. of Science*, XII, p. 229). — Memoir on the three types of humite (*Phil. Magaz*, II, p. 286); (*Neues Jahrb. Min.*, p. 640).

1877. — Note sur la forme cristalline, les propriétés optiques et la composition chimique de la homilite (en commun avec M. Damour) (*A. C. P.*, XII, p. 399. — Ueber die optischen Verhältnisse der Krystalle und ihre Unwollkommenheiten (*Neues Jahrb. Min.*, p. 160). — Sur la forme cristalline et les propriétés optiques du protoiodure de mercure (*C. C.* LXXXXIV, p. 1418). — Sur une nouvelle anthophyllite de Bamle en Norwège (*C. R.*, LXXXIV. p. 1473). — Sur l'existence et sur les caractères optiques, cristallographiques et chimiques du microcline, nouvelle espèce de feldspath triclinique à base de potasse (*Assoc. franç. pour l'avancement des Sciences*, VI, p. 508. — Ueber Humit und Mikroklin (*Neues Jahrb. Min.*, p. 499). — Ein neuer Barytfeldspath (*Tschermak's min. Mittheil.*, p. 99); (*Neues Jahrb. Min.*, p. 591).

1878. — On mikroklin, nyt species, triklinisk, kalifeldspat, densoptiske, krystallografiske kjendeteen (*Ngl. Magaz. for Naturwidansk Kristiania*). — Ueber Topaz-Kristalle aus Mexico; über den Perowskit; Calcit von Beryen Hill. Vorkommen des Tridymit im Mont-Dore: Forcherit (*Neues Jahrb. Min.*, p. 40). — Sur un nouveau gisement de l'adamine (*C. R.*, LXXXVI, p. 88). — Présentation de nouveaux minéraux (nouméite, adamine) (*B. S. M.*, I, p. 28). — Sur la cabrérite du Laurium (en commun avec M. Damour) (*B. S. M.*, I, 75). — Note sur un nouveau feldspath barytique (*B. S. M.*, I, p. 85). — Note sur les travaux de M. Delafosse (*C. R.* LXXXVII, p. 569). — Note sur les dépôts de quartz résinite dans la vallée de Saint-Nectaire (*Assoc. franç. pour l'avancement des Sciences*, VII, p. 552).

1879. — Note sur les caractères optiques de la newberyite (*B. S. M.*, II, p. 133). — Note sur la forme cristalline, les propriétés optiques et la composition de la homilite (en commun avec M. Damour) (*A. C. P.*, XII, p. 399). — Formes et caractères optiques de la hopéite (*B. S. M.*, II, p. 133). — Sur la forme clinorhombique à laquelle doit être rapportée l'épistilbite (*B. S. M.*, II, p. 161). — Note sur la forme cristalline et les propriétés optiques de la saccharine (*C. R.*, LXXXIX, p. 89 et 922-924).

1880. — Sur la forme cristalline du magnésium (*C. R.*, XL, p. 1101); (*B. S. M.*, III, p. 111). — Nouvelles recherches sur les caractères optiques des oligoclases (*B. S. M.*, III, p. 157). — Sur la danburite (*B. S. M.*, p. 194). — Note sur les propriétés optiques de l'érythrozincite, la raimondite, la copiapite (*B. S. M.*, p. 40).

1881. — Note sur la roscoélite, la karyinite et la monazite (*B. S. M.*, IV, p. 56). — Étude de différents minéraux : serpiérite, hédyphane, corindon de Chamounix, cordiérite du Puy, barytocalcite (*B. S. M.*, IV, p. 89). — Note sur la chalcoménite, nouvelle espèce minérale (en commun avec M. Damour) (*C. R.* p. 92-837); (*B. S. M.*, IV, p. 51). — Caractères optiques de la jadéite (*B. S. M.*, IV, p. 158). — Note sur la fibrolite d'Auvergne et la haydénite de Baltimore et sur de très petits diamants du Brésil (*B. S. M.*, IV., p. 257). — Instructions géologiques destinées aux membres de l'expédition du Cap Horn (en commun avec M. Daubrée) (*C. R.*, p. 94, 882).

1882. — Note sur l'existence anormale de la dispersion tournante dans un cristal du système orthorhombique. — Notes sur les formes cristallines et sur la réunion de la vauquelinite et de la laxmannite (en commun avec M. de Kokscharow (*B. S. M.*, V, p. 53; *A. C. P.*, XXV, p. 421 et XXVI, p. 135; *B. S. M.*, V, p. 58). — Note complémentaire sur la vauquelinite (*B. S. M.*, V, p. 70). — Note sur

les constantes optiques de la crocoïse (*B. S. M.*, V, p. 103). — Note sur les propriétés optiques de la hübnérite de la Nevada et de l'orpiment (*B. S. M.*, V, p. 105). — Note sur les constantes optiques de la nadorite (*B. S. M.*, V, p. 122). — Nouvelles observations sur les divers échantillons de prehnite (*B. S. M.*, V, p. 125). — Note supplémentaire sur les béryls bleus de la mer de Glace (*B. S. M.*, V, p. 142). — Sur l'indice de réfraction du chlorure d'argent naturel (*B. S. M.*, V, p. 143). — Note sur la probabilité de l'existence à Barbin, près Nantes, du nouveau silicate d'alumine de fer et de chaux de Petit-Port, décrit par M. Bertrand en 1880 (*B. S. M.*, V, p. 176). — Note sur les caractères optiques et cristallographiques de la pachnolite et de la thomsénolite (*B. S. M.*, V, p. 310; *A. C. P.*, XXXIX). — Note sur quelques formes nouvelles de l'euclase du Brésil (*B. S. M.*, V, p. 317; *A. C. P.*, XXXIX, p. 400). — Note sur l'existence de la néphéline en grains d'un blanc d'émail, dans les blocs d'oligoclase ponceux a Denise, près le Puy (en commun avec M. Jannetaz) (*B. S. M.*, V, p. 319). — Sur une épidote à base de magnésie (picroépidote) (en commun avec M. Damour) (*B. S. M.*, VI, p. 23).

1883. — Nouvelles recherches sur l'écartement des axes optiques, l'orientation de leur plan et de leurs bissectrices et leurs divers genres de dispersion dans l'albite et l'oligoclase (*B. S. M.*, VI, p. 89). — Nouvelles observations sur le type cristallin auquel doit être rapportée la cryolite (*B. S. M.*, VI, p. 255). — Note sur l'existence de deux axes optiques écartés dans les cristaux de gismondine (*B. S. M.*, VI, p. 301). — Note sur les caractères optiques de la christianite et de la phillipsite (*B. S. M.*, VI. p. 305).

1884. — Extraits de minéralogie (*B. S. M.*, VII, p. 35). — Examen optique et cristallographique de plusieurs silicates de manganèse (*B. S. M.*, VII, p. 72). — Forme et caractères optiques de l'eudnophite (*B. S. M.*, VII, p. 78). — Sur la forme cristalline et les caractères optiques de la gismondine (*B. S. M.*, VII, p. 80). — Sur l'identité optique des cristaux de herderite d'Ehrenfriedersdorf (Saxe) et de Stoneham (État du Maine) (*C. R.*, XCVIII, 9. 956; *B. S. M.*, VII, p. 130). — Nouvelle note sur la gismondine et la christianite (*B. S. M.*, VII, p. 135). — Oligoclases et andésine (*B. S. M.*, VII, p. 249). — Note sur des nodules cristallins contenus dans le grès de Bagnoles (*B. S. M.*, VII, p. 468).

1885. — Remarques sur la composition chimique de la herderite (en commun avec M. Damour) (*B. S. M.*, VIII, p. 3). — Forme cristalline et caractères optiques de l'hydrate de chloral (*B. S. M.*, VIII, p. 125).

1886. — Notes sur quelques formes nouvelles observées sur des cristaux de

topaze de Durango (Mexique) (*B. S. M.*, IX, p. 135). — Note sur la forme rhombique de Descloizite (*B. S. M.*, IX, p. 138). — Nouvel examen optique et chimique de deux oligoclases (en commun avec M. Pisani) (*B. S. M.*, VIII, p. 76). — Note sur la véritable valeur de l'indice moyen de la herderite de Stoneham (*B. S. M.*, IX, p. 141). — Note sur la phénacite de Colorado et de Framont (*B. S. M.*, IX, p. 171). — Note sur la détermination des paramètres du gypse et sur les incidences des formes observées dans ce minéral (*B. S. M.*, IX, p. 177). — Sur un minéral qui paraît offrir une forme rhombique du rutile (*B. S. M.*, IX, p. 190). — Note supplémentaire sur la forme rhombique de la Descloizite (*B. S. M.*, IX, p. 190).

1887. — Cristallographic notes (hiddenite, xenotime, quartz, phenacite) (in Hidden, *Amer. Journ. of Sciences*, XXXII, p. 284). — Note sur le professeur Websky (*B. S. M.*, X, p. 42 et 178). — Note sur la forme clinorhombique et les caractères optiques de l'acide arsénieux prismatique (*C. R.*, CV, p. 96; *B. S. M.*, X, p. 303).

1888. — Note sur la crucite (*B. S. M.*, XI, p. 63). — Sur la forme que présentent les cristaux de rubis obtenus par M. Frémy (*C. R.*, CVI, p. 567). — Note sur les caractères optiques de la pharmacolite naturelle et sur leur comparaison avec les cristaux artificiels de M. Dufet (*C. R.*, CVI, p. 1215; *B. S. M.*, XI, p. 192). — Note sur les propriétés optiques de la haidingérite (*C. R.*, CVI, p. 1218; *B. S. M.*, XI, p. 195). — Notice sur Gerhard vom Rath (*B. S. M.*, XI, p. 255). — Note sur des cristaux du Connecticut, paraissant appartenir à une forme triclinique dimorphe de la baiérine (*Centenaire de la Soc. philomatique*).

1889. — Sur la mazapilite (*B. S. M.*, XII. p. 441).

1890. — Note sur des cristaux remarquables de chalcopyrite de l'île de Cuba (*B. S. M.*, XIII, p. 335).

1891. — Présentation d'échantillons de pollux de Hebron (*B. S. M.*, XIV, p. 129).

1893. — Manuel de Minéralogie (*Paris, Dunod*, édit., II, 2e fasc., 1 vol. in-8°, p. LIII à LX et 209 à 542). — Nouvelle note sur les propriétés cristallographiques et optiques de la perowskite (*B. S. M.*, XVI, p. 216). — Phenacite de Saint-Christophe en Oisans (en commun avec M. A. Lacroix) (*C. R.*, CXVI, p. 1231).

1894. — Phenacite de Saint-Christophe, en Oisans (en commun avec M. A. Lacroix) (*B. S. M.*, XVII, p. 33). — Note sur les travaux de Marignac (*B. S. M.*, XVII). — Notice sur les travaux de A. Scacchi (*C. R.*, CXVIII, p. 221).

Sur les produits de décomposition des pyrites du bassin de Paris, de Naxos et de Susaki près Corinthe.

Par M. A. Lacroix.

La pyrite et la marcasite abondent à divers niveaux géologiques des environs de Paris; elles y sont fréquemment altérées, donnant naissance par leur décomposition à de nombreux minéraux dont on peut suivre les détails de formation; leur étude est le but de cette note.

Dans la *craie de Meudon* (sénonien), la marcasite est peu abondante, elle affecte la forme habituelle aux nodules de la craie; ceux que j'ai examinés sont très allongés et ont une forme contournée; ils ne présentent aucune particularité intéressante.

Dans l'*argile plastique* de l'éocène inférieur (sparnacien) et notamment dans le sable argileux et dans les fausses glaises qui les surmontent, la marcasite est extrêmement abondante. Les carrières d'Issy, près la porte de Versailles, sont à citer spécialement pour l étude de ce minéral qui y forme des masses ou des rognons allongés et ramifiés pouvant atteindre plus de 40 centimètres de longueur. Cette marcasite est finement grenue, d'un blanc livide; elle renferme en grande abondance des empreintes végétales, parfois des mollusques réduits à leur moule (1), des grains de sable, etc. Il n'est pas douteux que la concentration de ce sulfure de fer ne se soit produite grâce à une réduction effectuée par ces débris organiques. Je n'ai observé aucune forme cristalline distincte, mais j'ai trouvé à la partie supérieure des fausses glaises de jolis octaèdres microscopiques de pyrite, réunis en globules résultant souvent de

(1) M. G. Dollfus m'a remis de beaux exemplaires de *Vivipara sublenta*, d'Orb. pyritisée provenant de l'argile plastique de Montrouge.

l'épigénie de graines de charas. Ces globules existent en grand nombre dans le même échantillon et jouent un rôle capital dans la production de la sidérose et de la websterite qui vont être étudiées.

Dans les fentes de retrait de nodules de sidérose dont il sera question plus loin, se rencontrent de petits cristaux de *pyrite*, ce sont des octaèdres réguliers avec les faces du cube; ils sont nettement d'origine secondaire.

Dans l'argile plastique d'Ivry, on trouve des nodules de marcasite rappelant ceux de la craie, ils ont une structure fibreuse très nette, leur surface est lisse et brillante, mais dépourvue de pointements cristallins. Cette marcasite fibreuse est plus altérée encore que la variété compacte d'Issy.

Le sulfure de fer est abondamment distribué dans les lignites du Soissonais, contemporains des fausses glaises des environs de Paris.

Enfin, il y a lieu d'indiquer l'existence de la pyrite secondaire à divers niveaux des *marnes ludiennes* des carrières de gypse d'Argenteuil, de Noisy-le-Sec, etc., et dans les marnes *oligocènes* qui surmontent la masse supérieure du gypse ludien (marnes bleues, marnes à Cyrènes).

Produits d'altération.

On sait que les pyrites [1] présentent dans leurs divers gisements deux modes principaux d'altération, l'un que l'on peut appeler *altération hépatique*, l'autre *altération saline* [2].

(1) Je désignerai désormais sous le nom de *pyrites*, indistinctement la pyrite et la marcasite.

(2) *Minéralogie de la France*, II, 576, 1897.

Altération hépatique. — L'altération hépatique s'effectue dans les gisements en place, là où les pyrites n'ont été soumises que lentement à l'oxydation. Le minéral conserve intégralement sa forme, mais se transforme insensiblement de la périphérie au centre en limonite ou en hématite, etc.

Peut-être cette altération hépatique est-elle due à une oxydation directe de la pyrite sous l'influence d'eau riche en oxygène ou bien est-elle le résultat de l'action sur ce minéral d'eaux chargées de bicarbonates solubles qui transforment d'abord le minéral en carbonate, plus tard décomposé lui-même en limonite.

Quoi qu'il en soit, c'est ce mode d'altération que présentent tous les échantillons décomposés de marcasite de Meudon que j'ai eu l'occasion d'étudier.

Il y a en outre généralement formation de gypse quand la gangue de la pyrite est calcaire; mais étant donnée la solubilité de ce minéral dans l'eau, il disparaît fréquemment. Les nodules limonitisés sont creux et c'est souvent à leur place ou à l'intérieur de leurs cavités que se sont implantés les cristaux de gypse étudiés plus haut.

Altération saline. — L'altération saline est celle qui se produit actuellement partout où les pyrites se trouvent exposées à une oxydation rapide soit à l'air libre, soit dans un gisement originel traversé par des eaux très oxygénées.

La réaction initiale de cette altération consiste essentiellement dans la transformation de pyrite en *mélantérite* et en *acide sulfurique.*

$$\underset{\text{Pyrite}}{FeS^2} + 8H^2O + O^7 = \underset{\text{Mélantérite}}{FeSO^4, 7H^2O} + H^2SO^4$$

Des produits secondaires prennent naissance d'une part par l'oxydation de la mélantérite et d'une autre par l'action

de l'acide sulfurique libre sur les roches servant de gangue à la pyrite. Enfin, les produits d'oxydation de la mélantérite forment, par leur action sur ces mêmes gangues, une nouvelle série de produits intéressants. Ce sont ces divers minéraux que je vais étudier. Ils ne sont véritablement très abondants que dans l'argile plastique; quelques-uns d'entre eux se trouvent aussi, mais en moindre abondance, dans les marnes bleues oligocènes.

Mélantérite. — L'altération des pyrites se propage avec une rapidité d'autant plus grande que les échantillons étudiés sont moins homogènes, fibreux ou imprégnés de matières d'origine organique qui absorbent elles-mêmes avec avidité l'oxygène. A Issy, cette décomposition marche avec une rapidité extrême, et il est curieux d'aller visiter par un jour de soleil, suivant une période de pluie, la partie de la carrière où les sulfures abondent. On voit alors le sol couvert d'efflorescences blanches qui généralement recouvrent les nodules de marcasite empâtés dans l'argile.

Des échantillons de marcasite de la grosseur du poing, recueillis humides dans cette carrière et conservés dans un tiroir de collection, sont en quelques mois entièrement transformés, après s'être préalablement fendillés dans tous les sens.

La mélantérite que l'on observe dans les carrières parisiennes a la forme de petites houppes blanches ou incolores; ce n'est guère que dans les échantillons formés, comme il vient d'être dit, dans les collections, c'est-à-dire à l'abri de la dissolution, que le minéral se présente en cristaux assez épais pour prendre la coloration verte, habituelle à ce minéral. Il suffit du reste de lessiver dans de l'eau distillée bouillie les échantillons naturels non oxydés

pour obtenir par recristallisation des cristaux monocliniques de mélantérite.

PRODUITS DUS A DES RÉACTIONS SECONDAIRES

α. *Produits directs.*

Je rangerai dans cette catégorie les minéraux produits directement par l'action de l'acide sulfurique libre ou de la mélantérite, ou encore de ces deux produits réunis sur la gangue des pyrites.

Gypse. — Le gypse de Meudon, celui des marnes vertes et des marnes bleues de Romainville résulte de l'action sur la craie ou sur le calcaire des marnes de l'acide sulfurique, mis en liberté par la décomposition des pyrites. Il en est de même de celui de l'argile plastique : dans ce dernier gisement, le calcium est fourni par l'argile plastique elle-même et aussi par les eaux calcaires superficielles qui arrivent dans l'argile plastique après avoir le plus souvent traversé un manteau de *calcaire grossier*. On verra plus loin, cependant, qu'une partie de ce gypse est le résultat d'une réaction plus complexe.

Gypse de l'argile plastique. — Partout où l'*argile plastique* (sparnacien) a été rencontrée dans les environs immédiats de Paris, on y a observé du gypse. Ce minéral s'y présente souvent en cristaux limpides d'une grande beauté, d'une perfection de forme remarquable, aussi convient-il de les étudier avant ceux de l'oligocène (1) et de la craie qui sont rares, toujours petits et souvent peu nets.

Le gypse se rencontre à tous les niveaux de l'argile plastique, mais il est particulièrement abondant dans les hori-

(1) Il s'agit ici, bien entendu, exclusivement de cristaux de gypse d'origine secondaire, car ces marnes oligocènes sont parfois riches en gros et beaux cristaux de gypse d'origine lagunaire.

zons très pyriteux et notamment dans les *fausses glaises* qui en occupent le sommet : les lignites du Soissonais qui correspondent au même niveau, renferment des cristaux de gypse ayant les mêmes formes. Il y a lieu de citer parmi les localités qui ont fourni les plus beaux cristaux : les carrières d'Issy près la porte de Versailles, Auteuil (notamment près de l'usine à gaz, la rue Mozart et principalement les fondations des maisons portant les n°s 66 à 76), Meudon, Bougival, Saint-Germain-en-Laye, les environs d'Épernay, etc.

La relation d'origine existant entre le gypse et les pyrites n'est pas douteuse, comme on le verra plus loin; il n'est pas rare du reste de voir les cristaux du premier de ces minéraux implantés directement sur un rognon du second. Les formes du gypse de l'argile plastique sont à rapporter à trois types.

Type I. — Les cristaux de ce type sont ceux qui abondent à Issy, à Auteuil, à Bougival, à Saint-Germain, ils sont caractérisés par la constance des formes $g^1(010)$, $m(110)$, et $a_2(\bar{2}11)$ avec aplatissement suivant g^1.

Tantôt les cristaux sont également développés suivant les arêtes mm et a_2a_2 (*gypse trapézien* d'Haüy), tantôt ils sont au contraire, allongés suivant l'axe vertical, ou parallèlement à l'arête a_2a_2 : g^1 (010) est toujours très développée.

Ils possèdent quelquefois de petites facettes $e^1(011)$ et $e^{10}(031)$; elles sont souvent arrondies, creuses et il n'est pas rare de voir une seule face e^1 développée, ou encore cette forme n'exister qu'à l'une des extrémités de l'axe vertical. Plus rarement, les faces e^1 et a_2 sont également développées et les cristaux, généralement alors très allongés suivant l'axe vertical, ont un pointement à quatre faces très régulier [illegible]

Les autres faces des cristaux sont parfois assez planes, mais le plus généralement elles sont arrondies, gondolées et ne donnent au goniomètre que de mauvaises mesures. Les cristaux n'ont souvent que les faces de la zone prismatique nettes, ils se terminent alors en pointes irrégulières sur lesquelles on peut voir les traces d'une structure polysynthétique, les grands cristaux étant en réalité formés par le groupement à axes parallèles de nombreux individus de même forme.

Ces cristaux peuvent atteindre d'assez grandes dimensions et dépasser 15 centimètres dans la direction de l'axe vertical. Dans quelques cas, leur allongement est plus grand encore; il peut être augmenté par des emboîtements à axes plus ou moins parallèles, généralement compliqués d'entrecroisements irréguliers.

Des groupements en éventail étaient fréquents dans une trouvaille faite en 1893 lors du creusement des fondations d'une maison à Auteuil (rue Mozart). Ces groupements consistent en un cristal allongé suivant l'axe vertical qui, dans l'angle obtus de a_3m supporte un éventail, formé par une série de cristaux très aplatis suivant g^1 et groupés comme les feuillets d'un livre autour d'une parallèle à l'arête a_3a_3; parfois aussi ces lames sont mélangées de cristaux disposés avec quelque irrégularité. L'angle obtus a_3m postérieur supporte un éventail du même genre. Les cristaux qui le constituent ont leurs parallèles dans l'éventail antérieur, mais ne se trouvent pas sur leur prolongement. Il y a là tendance à la formation d'une macle, et, à ce point de vue, les cristaux d'Auteuil sont à comparer à ceux du Papelsberg (Siebengebirge) décrits par M. Laspeyres [1].

(1) *Tschermak's Miner. Mittheil.*, 1875, 117.

Type II. — Les cristaux de ce type sont moins fréquents que les précédents; ils ont été trouvés notamment à Meudon dans une argile rouge très ferrugineuse. Ils présentent, eux aussi, les formes $m(110)$ et surtout $g^1(010)$ très développées, mais $a_3(\bar{2}11)$ est réduite ou même absente : les cristaux sont raccourcis suivant l'axe vertical et parfois un peu allongés parallèlement à la normale h^1; ils sont terminés par une surface arrondie dont l'intersection avec g^1 fait avec l'axe vertical un angle voisin de 88°; elle correspond, suivant les individus, à $a^{3/2}(\bar{2}03)$ ou $a_{2/5}(\bar{5}49)$. Ces cristaux sont parfois identiques à certains cristaux des marnes vertes. Plusieurs cristaux de cette forme s'empilent souvent suivant l'axe vertical pour donner un individu offrant des angles rentrants sur les faces m.

Type III. — Je dois à l'obligeance de M. Dollfus un échantillon de gypse recouvrant le lignite pyritisé des fausses glaises de Meudon (les Moulineaux) : les cristaux sont des lentilles sans forme distincte, semblables à celles du gypse ludien, la collection géologique du Muséum renferme un échantillon analogue; ce type paraît être exceptionnel.

Les cristaux de gypse des types I et III, une fois isolés de leur gangue, se montrent limpides; les seules inclusions qu'ils renferment sont constituées par de l'argile, parfois emprisonnée dans des cavités ayant la forme de cristaux négatifs.

Gypse des marnes ludiennes et oligocènes. — J'ai rencontré de la pyrite finement divisée dans les marnes de la troisième masse du gypse de Noisy-le-Sec, ainsi que dans les marnes à *Cyrena* et dans les marnes bleues de Romainville. Aux affleurements de ces marnes, la pyrite s'altère très rapidement en les colorant en jaune, on voit alors ces

couches ferrugineuses se couvrir de petites aiguilles incolores de gypse, se rapportant toutes au type I de l'argile plastique. Ces cristaux, dont l'origine secondaire n'est pas douteuse, se distinguent bien par leur couleur et leur forme des cristaux de gypse existant parfois normalement dans ces différentes marnes.

Gypse de la craie sénonienne. — La craie sénonienne de Meudon est percée de tubulures et traversée par des diaclases, le long desquelles se sont parfois déposés des cristaux de célestite et de gypse qui recouvrent indistinctement la craie elle-même, ses silex, ou imprègnent ses fossiles.

Notre collection possède quelques échantillons de ce genre, rares aujourd'hui; le gypse s'y trouve dans des cavités riches en limonite qui résultent de la décomposition de la marcasite. Ce sont de petits prismes incolores ou blancs, aplatis suivant $g^1(010)$, offrant les divers aspects du type I du gypse de l'argile plastique. Ils n'ont aucun intérêt cristallographique.

Macles. — Les macles du gypse de l'argile plastique, des marnes oligocènes et de la craie sont relativement peu abondantes, si on les compare à celles des autres gisements de la région parisienne.

Elles correspondent toutes à la même loi, c'est la macle avec axe de rotation normal à $h^1(100)$, mais tandis que dans le gypse des marnes vertes oligocènes, la macle se fait par accolement suivant $h^1(100)$; ici il y a plus généralement pénétration des deux individus et quelquefois accolement suivant $g^1(010)$. Cette macle présente dans ce cas les diverses particularités de la macle de Carlsbad dans l'orthose.

A côté de ces macles, se rencontrent de nombreux groupements accidentels dus à des enchevêtrements plus ou moins réguliers. Les petits cristaux ont une grande ten-

dance à se grouper autour d'un centre pour former des étoilements.

Websterite. — La websterite a été rencontrée pour la première fois par A. Brongniart (1) dans les fausses glaises d'Auteuil. Elle y forme des rognons constitués par des grains globuleux d'un blanc de neige, à structure fibreuse. Ils sont pressés les uns contre les autres et ont été comparés inexactement à des oolithes.

Le même minéral se rencontre au même niveau dans les carrières d'Issy (près la porte de Versailles). Dans le courant de 1896, un de mes élèves, M. Jecker, m'en a signalé une assez grande quantité dans ce gisement; nous avons constaté que la websterite y était localisée à la partie supérieure des fausses glaises; elle se présentait dans une zone blanche se fondant insensiblement d'une part avec celle-ci et de l'autre avec un sphéroïde riche en sidérose globulaire dont il va être question plus loin; les progrès de l'exploitation ont fait disparaître la zone à websterite.

L'examen microscopique des globules de websterite montre que ceux-ci constituent de véritables sphérolites, parfois remarquablement réguliers. Le minéral possède une faible biréfringence; les fibres des sphérolites étant très minces et très enchevêtrées, l'étude détaillée de leurs propriétés optiques n'est guère susceptible de précision. J'ai pu constater toutefois que le minéral est biaxe, le plan des axes optiques est parallèle aux fibres dont la direction est toujours de signe négatif.

La complexité des fibres de websterite peut être mise en évidence en éteignant une fibre placée entre les nicols croisés; on voit apparaître alors de nombreuses ponctuations biréfringentes dues à des fibres présentant une autre orientation.

(1) *Ann. sciences natur.*, mars 1828.

La websterite est généralement considérée comme monoclinique. L'examen optique n'est pas contraire à cette hypothèse, mais ne la démontre pas cependant; les fibres sont trop enchevêtrées pour qu'on puisse affirmer qu'elles présentent des extinctions obliques dans leur direction d'allongement. Les résultats de l'étude de la websterite des lignites du Mont-Bernon, près Épernay, est plus favorable à l'hypothèse du système orthorhombique : le minéral de ce gisement se présente sous forme de masses compactes ou farineuses : au microscope, on constate qu'il est formé par de petites aiguilles enchevêtrées et non groupées en sphérolites : leur extinction est longitudinale; la bissectrice aiguë est positive et perpendiculaire à une face de la zone d'allongement, parallèlement à laquelle se trouve placé le plan des axes optiques.

L'analyse de la websterite d'Auteuil faite par J.-B. Dumas est voisine de celle qu'exige la composition théorique (1) (Al^2O^3, SO^3, $9H^2O$).

Halotrichite. — L'action de l'acide sulfurique exercée sur l'argile plastique en présence de mélantérite donne naissance à de l'halotrichite [$FeSO^4$, $Al^2(SO^4)^3$, $24H^2O$]; je ne l'ai pas trouvée isolée, mais j'ai constaté son existence à l'état de mélange mécanique dans les croûtes résultant de l'oxydation de la mélantérite et dont il sera question plus loin.

Sidérose. — C'est, selon toute vraisemblance, à la réaction simple ($FeSO^4$, $7H^2O + CaCO^3 = FeCO^3 + (CaSO^4, 2H^2O) + 5H^2O$) de la mélantérite sur des eaux d'infiltration calcaires ou sur du calcaire existant normalement dans l'argile plastique, qu'il y a lieu de rapporter la formation de la sidé-

(1) La websterite est faiblement décomposée par l'eau, et peut à la longue être transformée en hydrate d'alumine.

rose qui se rencontre parfois en assez grande abondance dans l'argile plastique. Dans quelques cas (Issy), la sidérose s'est produite en même temps que la websterite, les deux minéraux étant voisins l'un de l'autre.

C'est Ch. d'Orbigny qui en 1837 découvrit à Vaugirard, à Vanves, à Arcueil et en diverses autres localités, de véritables lits constitués en grande partie par de petits globules cristallins de sidérose. Ces derniers étaient distribués dans une argile située entre l'argile sableuse et l'argile de la base. A Arcueil, ces globules entrent pour 45 0/0 dans la masse argileuse qui les renferme. Dans un même gisement, ces globules ont sensiblement le même diamètre (pouvant dépasser 2 millimètres).

Les nombreux échantillons de cette sidérose que j'ai examinés proviennent des récoltes de d'Orbigny; j'en ai recueilli moi-même à diverses reprises dans les carrières d'Issy. Les meilleurs échantillons proviennent de ce dernier gisement. La sidérose doit être étudiée au sortir de la carrière, car si ce minéral reste, même peu de temps, exposé à l'air, il ne tarde pas à se décomposer, au moins partiellement.

A l'état pur, la sidérose se présente sous la forme d'une masse grenue d'un blond clair, pénétrée d'un peu d'argile. L'examen de lames minces fait voir que les globules sont en réalité constitués par un grand nombre de petits rhomboèdres souvent arrondis et affectant la forme de grains d'orge. Ils sont fréquemment groupés d'une façon quelconque pour constituer les granules macroscopiques, mais, souvent aussi, ils sont arrangés d'une façon régulière, le grand axe des sections étant placé tangentiellement à la périphérie du globule. Ces grains sont pressés les uns contre les autres sans ciment et peuvent être aisément désagrégés. Plus rarement, on rencontre des échantillons dans lesquels

les cristaux de sidérose sont isolés et atteignent $0^m,5$ de diamètre; ils se prêtent à un examen détaillé. La sidérose est englobée par de l'argile contenant quelques petits grains clastiques de quartz, elle a la forme de rhomboèdres très obtus ou de prismes hexagonaux terminés par le même rhomboèdre. Les sections perpendiculaires à l'axe vertical sont régulièrement hexagonales et montrent en lumière convergente la croix noire des minéraux uniaxes, avec signe négatif. Le plus souvent, ces cristaux ne sont pas simples, mais ils sont constitués par le groupement en éventail, c'est-à-dire à axes imparfaitement parallèles, de plusieurs individus. Enfin, j'ai observé quelques groupements dans lesquels les axes principaux des deux composants font entre eux un angle très voisin de 90° et qui correspondent à la macle suivant $p\,(10\bar{1}1)$, connue dans la calcite.

Les cristaux de sidérose de ce gisement montrent parfois une particularité curieuse, leur centre est occupé par un rhomboèdre du même minéral, souvent en partie isolé au milieu d'une cavité [1], il a la même orientation que le cristal périphérique. C'est généralement par lui que commence l'oxydation, de telle sorte que les cristaux sont souvent colorés en brunâtre au centre, alors que leur périphérie est presque incolore en lames minces.

Quand la décomposition est plus avancée, le cristal entier est transformé en limonite, des veinules de ce minéral traversent le globule diamétralement ou obliquement, réunissant les cristaux élémentaires qui finissent par se souder et par être transformés entièrement en une masse homogène de limonite.

(1) J'ai donné une photographie de ces cristaux dans un *Mémoire sur le gypse de Paris*, qui paraîtra dans le tome IX (3e série, des *Nouvelles Archives du Muséum*).

Les échantillons du gros sphéroïde de l'argile de la carrière d'Issy dont il a été question plus haut renferment des grains de sidérose à structure un peu différente : le centre des grains est formé par des rhomboèdres aplatis, groupés en éventail ou en sphérolites; ils sont entourés par une croûte fibreuse de sidérose en partie oxydée; dans beaucoup de grains, la partie centrale seule subsiste et l'on est ainsi conduit aux globules creux recueillis par d'Orbigny à Arcueil et qui souvent ne renferment plus guère de carbonate; ils sont surtout constitués par de l'oxyde de fer hydraté à poussière rougeâtre. Les globules d'Issy renferment souvent à leur centre des octaèdres de pyrite; il devient évident que c'est cette pyrite qui, par oxydation, leur a donné naissance, quand on examine des lames minces taillées dans les petits nodules entièrement pyriteux qui, çà et là, s'observent dans les blocs à sidérose; on voit dans ceux-ci que la pyrite en octaèdres épigénise les cloisons ou remplit les cavités de fossiles qui paraissent être des graines de *chara*. La sidérose globulaire constitue donc parfois, sinon toujours, une épigénie d'origine organique, comme le supposait d'Orbigny, mais celle-ci a été d'abord pyriteuse avant d'être carbonatée.

On voit en résumé que la sidérose de l'argile plastique, pas plus du reste que de la websterite ne mérite l'épithète d'*oolithique* sous laquelle on l'a désignée jusqu'à présent.

Produits d'altération de la mélantérite.

La mélantérite s'oxyde à l'air avec une extrême facilité, elle donne ainsi naissance à un produit concrétionné, à aspect butyrique, dont la couleur varie du jaune pâle au jaune de soufre; il présente généralement une réaction nettement acide.

Ce produit abonde sur les parois de l'argile plastique des

carrières d'Issy, où il constitue des concrétions parfois épaisses de plusieurs centimètres. Ces concrétions se dissolvent presque complètement dans l'eau, ne laissant qu'un résidu argileux : celles qui sont de couleur pâle et par suite peu oxydées laissent déposer par cristallisation des aiguilles de mélantérite, mais le plus souvent, on n'obtient aucun produit cristallisé; la liqueur, en se concentrant, devient sirupeuse, épaisse, puis donne un résidu jaune concrétionné, analogue à celui qui a servi de point de départ.

La coloration jaune de ces concrétions est due à la formation d'un sulfate de sesquioxyde de fer, qui me semble voisin (sinon identique) de la *copiapite* ($2Fe^2O^3, 5SO^3, 18H^2O$), mais que je n'ai pu parvenir à isoler, car il est mélangé non seulement à la mélantérite non oxydée, mais à de l'halotrichite, et à du gypse produit par la réaction dont il a été question plus haut.

Produits indirects.

Dans les carrières d'Issy, sous l'influence des pluies, les concrétions complexes qui viennent d'être étudiées se dissolvent, leur solution ruisselle à la surface du sol et, en présence de fragments de calcaire, éboulés des assises du *calcaire grossier* qui recouvrent l'argile plastique, subissent une double décomposition, donnant d'une part un sulfate basique de sesquioxyde de fer qui est l'*apatélite*, et d'une autre du *gypse*.

J'ai recueilli de nombreux fragments du calcaire grossier, qui surmonte l'argile plastique montrant les divers stades de cette transformation. C'est par une réaction de ce genre qu'il y a lieu d'expliquer l'association constante de l'apatélite aux beaux cristaux de gypse étudiés plus haut. Je ne m'occuperai plus ici que de l'apatélite.

Apatélite. — Le nom d'*apatélite* a été donné par Meillet [1] au sulfate basique de sesquioxyde de fer qui accompagne d'une façon presque constante les cristaux de gypse et la marcasite dans l'argile plastique. On trouve ce minéral en abondance dans l'argile plastique de Meudon, d'Auteuil, d'Issy, etc., sous la forme d'une substance jaune clair, à structure terreuse, constituant de petits nodules irréguliers ou des enduits friables. Je l'ai rencontré en très petites quantités, associé au gypse secondaire des marnes à *Cyrena convexa* et des marnes bleues de Romainville.

Il y a lieu de remarquer que l'apatélite se transforme avec la plus grande facilité en limonite par exposition à l'air humide : cette particularité, jointe à la difficulté de séparer mécaniquement le minéral intact de son produit d'altération, pulvérulent comme lui, rend difficile l'établissement de la formule définitive de l'*apatélite*.

La composition correspondrait, d'après Meillet, à la formule ($4Fe^2O^3, 6SO^3, 3H^2O$). Je renvoie pour la discussion de cette composition et pour les rapports existant entre la *raimondite*, la *carphosidérite*, la *pastréite* et l'*apatélite* au tome III de ma *Minéralogie de la France* dans lequel ces diverses questions seront traitées en détail.

J'ai pu constater que l'apatélite, examinée en lames très minces avec de forts grossissements, se montre constituée par de petits cristaux à contours vagues, nettement uniaxes, optiquement négatifs et très biréfringents; ces propriétés sont celles que j'ai observées dans les trois sulfates hydratés de sesquioxydes de fer cités plus haut, ainsi que dans la *cyprusite*.

Les caractères extérieurs de tous ces minéraux sont sensiblement les mêmes; la raimondite, la carphosidérite et la

(1) *Revue scientifique*, II, 255, 1843.

cyprusite se montrent cependant parfois avec une structure microscopique cristalline qui n'existe, ni dans l'apatélite, ni dans la pastréite.

Le tableau ci-dessous résume les réactions qui ont donné naissance aux produits d'altération de l'argile plastique ; il y a lieu de faire remarquer que tantôt ces réactions ont été effectuées isolément et que tantôt elles se sont enchevêtrées.

	Produits d'altération primaire (oxydation des pyrites).			*Mélantérite.*
				Acide sulfurique.
Produits d'altération secondaire.	1° directs.	*a.* Action de H^2SO^4 sur la gangue.	α. Calcaire.	*Gypse.*
			β. Argileuse	*Websterite.*
		b. Action de la mélantérite et de H^2SO^4 sur la gangue.	α. Calcaire.	*Gypse, sidérose.*
			β. Argileuse	*Halotrichite.*
	2° indirects.	*a.* Produit de l'oxydation de la mélantérite.		*Copiapite.*
		b. Action de la copiapite sur le calcaire.		*Apatélite, gypse.*

Les réactions qui, par la décomposition des pyrites, ont donné naissance aux minéraux qui viennent d'être étudiés, ont un caractère de grande généralité, mais il est peu de régions dans lesquelles il soit possible de les étudier en voie de formation dans leurs diverses phases successives et aussi facilement que dans l'argile plastique parisienne. Dans la plupart des gisements, en effet, une partie des produits formés ont disparu sous l'influence de diverses causes.

Ces phénomènes sont, bien entendu, indépendants de l'origine sédimentaire ou éruptive des pyrites et ils sont notamment à comparer aux phénomènes du même genre qui s'observent dans certaines fumerolles volcaniques; les minéraux qui nous occupent y résultent de l'action de

l'acide sulfurique (produit par l'oxydation de l'hydrogène sulfuré) sur des roches variées de composition appropriée. Lors d'une récente mission en Grèce, j'ai eu l'occasion d'observer les faits suivants particulièrement intéressants au point de vue qui m'occupe ici.

Naxos. — Sur la côte occidentale de l'île de Naxos et à quelques centaines de mètres au nord de la petite ville de Naxie, les falaises sont constituées par des sédiments gréseux tertiaires, recouverts par une argile, riche en pyrite cubique, puis par des conglomérats calcaires que surmontent des conglomérats granitiques. La falaise est par place très démantelée, les débris de sa partie supérieure (conglomérats granitiques et calcaires) s'éboulent sur ses flancs et s'amassent à son pied. Sur ces débris, ruissellent les eaux qui se sont chargées de mélantérite, en passant sur les couches argileuses dont les cristaux de pyrite sont souvent entièrement limonitisés aux affleurements. On retrouve toutes les particularités des enduits de mélantérite et de leurs produits d'oxydation jaunes décrits plus haut, mais dans ce gisement, grâce à la sécheresse du climat, la mélantérite peut se conserver mieux que dans la région parisienne et elle s'observe en cristaux nets et transparents. Le long des rigoles qui conduisent au pied de la falaise ces eaux acides, chargées de sulfate de fer, on voit se former des cristaux de gypse identiques à ceux de l'argile plastique d'Auteuil [cristaux simples, ou maclés suivant h^1(100)], partout où cette argile est riche en calcaire.

Les eaux minéralisées, produites par dissolution des concrétions de sulfates peroxydés, en suintant à la surface des blocs éboulés du conglomérat calcaire, subissent la même décomposition qu'à Issy et j'ai recueilli des blocs arrondis de calcaire, superficiellement transformés en

gypse (1), mélangé d'apatélite qui les colore en jaune. Partout on voit l'association de ces deux minéraux et il est possible de suivre au microscope toutes les phases de cette sulfatisation progressive du calcaire; quand elle est incomplète, un coup de marteau permet parfois de séparer la croûte sulfatée d'un noyau de calcaire intact.

Susaki. — Le ravin de Susaki, situé à quelques kilomètres à l'est de l'entrée orientale du canal de Corinthe, est connu par une solfatare qui se trouve au contact d'argiles et de conglomérats calcaires pliocènes et d'une serpentine. Cette solfatare dégage de la vapeur d'eau, accompagnée d'acide carbonique et d'hydrogène sulfuré. Celui-ci par décomposition donne non seulement du soufre, mais encore de l'acide sulfureux, lui-même transformé en acide sulfurique; c'est ce dernier qui, en attaquant toutes les roches avoisinantes, produit les minéraux qui vont nous occuper.

Depuis longtemps, M. Fouqué avait signalé la transformation en gypse des conglomérats calcaires, j'ai étudié récemment (2) les curieux produits néogènes formés aux dépens de la serpentine. On voit celle-ci se couvrir d'*epsomite*, puis la magnésie, le fer, la chaux disparaître à l'état de sulfates solubles, pour ne laisser que de l'opale, offrant encore la structure microscopique de la serpentine intacte. Elle est généralement imprégnée de gypse, résultant en grande partie du ruissellement des eaux superficielles

(1) Le gypse produit par la transformation de ces calcaires est constitué par des aiguilles enchevêtrées et ne ressemble en rien, au point de vue de la structure, au gypse ludien du bassin de Paris. Ce pourrait être là un argument contre l'origine épigénique de ces derniers s'il était encore nécessaire de discuter cette vieille hypothèse. A ce point de vue, il y a lieu de faire remarquer que les ossements des mammifères du gypse parisien ont conservé leur structure originelle et n'ont subi aucune des transformations minéralogiques, certainement fort curieuses qui se seraient produites dans des assises métamorphisées par un mécanisme quelconque.

(2) *C. Rendus*, CXXIV, 513, 1897.

ayant traversé le conglomérat gypsifère qui localement recouvre la serpentine.

En un point du ravin, j'ai observé en outre un curieux accident minéralogique; le fer, au lieu d'avoir été éliminé à l'état de mélantérite, soluble par les eaux superficielles, a été fixé et transformé en *marcasite* qui imprègne l'opale, tapissant même parfois ses cavités de belles masses mamelonnées. Cette marcasite s'altère aisément sous l'influence de la vapeur d'eau acide qui traverse la roche; elle se décompose, donnant ainsi naissance à de la mélantérite dont j'ai pu recueillir de beaux échantillons généralement riches en magnésie.

Alors, aux dépens de cette mélantérite, se produit tout le cycle de décompositions, étudiées plus haut; comme le conglomérat calcaire supérieur s'éboule constamment, à la surface de blocs calcaires qui, au bas du ravin, arrivent en contact avec les produits d'altération, on voit se produire encore du gypse et de l'apatélite.

Ce gisement est fort remarquable à ce point de vue, car il permet de saisir sur le fait la formation actuelle du gypse s'effectuant par deux voies différentes, bien qu'en réalité elles soient dues à la même action de l'acide sulfurique sur du calcaire. Dans un cas en effet, cet acide provient directement d'une fumerolle volcanique, alors que dans l'autre il a passé par diverses combinaisons dont la dernière est un sulfate ferrique.

Le gypse de Susaki est aussi intéressant à étudier, car, de même qu'à Naxos, il est facile de suivre pas à pas la gypsification des blocs calcaires qui s'effectue par leur périphérie.

Quant au gypse produit dans les argiles, associées aux conglomérats. il affecte la forme de beaux cristaux, identiques comme forme à ceux d'Auteuil.

Milo. — Enfin, sur la côte sud-est de l'île de Milo, j'ai observé des faits du même ordre que ceux qui viennent d'être passés en revue.

Sur la polylite de Thomson.

Par M. A. Lacroix.

Thomson a donné le nom [1] de *polylite* à une substance qu'il indique comme provenant de couches de magnétite, rencontrées aux environs d'Hoboken (New Jersey).

Il décrit cette substance comme un minéral noir, se clivant suivant une direction, ressemblant par son aspect à une amphibole; l'éclat est vitreux, la substance opaque en masse. La densité est de 6 à 6,5; l'analyse a donné les résultats suivants :

SiO^2	40,04
CaO	11,54
FeO	34,08
MnO	6,60
Al^2O^3	9,42
Perte au feu	0,40
	102,08

Ce minéral est rangé dans tous les traités de minéralogie dans le groupe des pyroxènes. M. Edw. Dana place la polylite dans le supplément de son livre [2], en indiquant qu'elle est peut-être un pyroxène, mais que le gisement est douteux, aucun banc de magnétite n'existant à Hoboken.

Je viens de trouver dans la collection du Muséum, un

(1) *Outlines of Mineralogy*, I, 495, 1836.
(2) *System of Mineralogy*, 1893, 1045.

échantillon de polylite, entré en 1842 et répondant parfaitement à la description de Thomson ; les surfaces de clivage présentant l'aspect cristallitique des scories ferrugineuses cristallisées, j'en ai entrepris l'étude.

L'examen de lames minces montre que la substance est hétérogène; elle est constituée par des cristallites transparents de *fayalite*, noyés dans un verre brun, riche en octaèdres cristallitiques de magnétite.

La polylite de Thomson est sans aucun doute un produit artificiel et le lit de magnétite, dans lequel elle a été trouvée, quelque déblai d'usine métallurgique; le nom de polylite est donc à rayer de la nomenclature minéralogique.

Sur la lawsonite de Corse et de la Nouvelle-Calédonie.

Par M. A. Lacroix.

Dans le *Bulletin* de février (p. 110), j'ai signalé l'existence de la *lawsonite* dans des roches à glaucophane de Corse. Diverses occupations ont retardé la publication de cette courte note, annoncée pour le *Bulletin* suivant.

Mon attention avait été rappelée sur la lawsonite par la découverte de ce minéral, faite en 1896 par M. Franchi (1) qui l'a rencontré comme élément abondant de roches variées des Alpes. Lors de la publication du second fascicule de ma *Minéralogie de la France* (2), j'avais eu l'occasion d'indiquer dans un gabbro saussuritisé de Corse la présence d'un minéral que M. Nentien m'avait signalé et

(1) *Accad. real. Torino*, 27 décembre 1896.
(2) *Minéralogie de la France*, I, 708, 1895.

dont les propriétés optiques ne correspondaient à celles d'aucun minéral connu.

Lorsqu'en 1895, M. Ramsome publia sa description de la lawsonite de Californie (1) et voulut bien m'en communiquer des échantillons, je constatai son identité avec mon minéral inconnu de Corse. Depuis lors, j'ai examiné un grand nombre de roches à glaucophane de Corse que m'a communiquées M. Nentien ou que j'ai trouvées dans la collection du Muséum, ainsi que les roches similaires de la Nouvelle-Calédonie ; j'y ai constaté l'abondance de la lawsonite.

La lawsonite de ces gisements est tellement identique comme forme à celle trouvée par M. Franchi, qu'il me paraît inutile d'entrer dans de longs détails à son égard. Les roches qui la renferment sont des *gabbros saussuritisés et glaucophanisés* [Vieux pont de Piedicorte sur le Tavignano, de Bastia (Corse) vallée du Diahot (Nouvelle-Calédonie)] ou des schistes à glaucophane provenant selon toute vraisemblance de la transformation de gabbros (Corse). Les plus beaux échantillons de lawsonite que j'ai eu l'occasion d'examiner se trouvent dans un gabbro indiqué dans la collection du Muséum, comme provenant de la Basanera de Bastia. La roche est constituée par de grands cristaux de diallage, en partie transformés en glaucophane et actinote et entourés par une masse d'un blanc verdâtre qui, au microscope, se résout en un mélange de lawsonite, d'albite, d'anorthite avec par places de la chlorite, de l'actinote et de l'épidote. La figure 1 est la reproduction d'une photographie d'une partie de la roche riche en lawsonite. On y voit ce minéral en baguettes rectangulaires, remarquables par leur réfringence ($n_m = 1.67$ environ), et les

(1) *Bull. University de Californie*, I, 301, 1895.

propriétés optiques caractéristiques de ce minéral : plan des axes parallèle à g^1, bissectrice positive perpendiculaire à $p(001)$, avec çà et là des clivages rectangulaires p et g^1, $n_g - n_p = 0{,}021$ environ. Les cristaux de lawsonite sont orientés dans la roche, leurs formes sont nettes, ils sont moulés par tous les autres éléments, différant ainsi comme structure de la lawsonite de Californie, qui est ophitique

FIG. 1.
Photographie d'une lame mince du gabbro saussuritisé de la Basanera de Bastia, riche en baguettes rectangulaires de lawsonite.

par rapport à la glaucophane. Cette lawsonite est tout à fait identique à celle d'un échantillon du Val Chiana que je dois à l'obligeance de M. Franchi.

La roche du Pont de Piedicorte est beaucoup plus transformée que la précédente, le diallage ancien n'y existe presque plus, la structure est assez identique dans toutes les parties d'un même échantillon ; la roche est essentiellement constituée par un feutrage d'aiguilles de glaucophane, de lames de chlorite renfermant des grains de sphène ; les inter-

valles, laissés entre elles par ces aiguilles, sont remplis par de l'albite, englobant des cristaux généralement cristallitiques de lawsonite.

L'échantillon de gabbro transformé de la vallée du Diahot dans lequel j'ai trouvé de la lawsonite présente une structure intermédiaire entre ces deux types; il reste encore de grands cristaux ophitiques de diallage, englobés par une masse schisteuse qui est essentiellement constituée par des aiguilles de glaucophane; celles-ci sont mélangées à une grande quantité de cristaux distincts et de grains de lawsonite.

Enfin, pour terminer, dans le schiste à glaucophane de Rutelli et Campitello (Corse), la lawsonite en cristaux nets, existe seule au milieu des aiguilles de glaucophane. Dans un autre schiste à glaucophane de Santa Maria di Poggo, la lawsonite forme de gros cristaux, analogues à ceux de la figure 1 ; ils sont mélangés à de l'épidote et à de la glaucophane pour constituer des nodules très cristallins au milieu d'un tissu à éléments très fins de glaucophane et de longues aiguilles de lawsonite.

Etude cristallographique de la bournonite des mines de Pontgibaud (Puy-de-Dôme).

Par Ferdinand Gonnard.

HISTORIQUE ET CONSIDÉRATIONS PRÉLIMINAIRES

La bournonite a été découverte à la mine de Barbecot par Fournet, alors directeur des mines de Pontgibaud (1828. *Annales scientifiques d'Auvergne*). Bouillet (*Topographie minéralogique du département du Puy-de-Dôme*, 2e édition,

1854) se borne à reproduire la mention de la découverte de cette espèce minérale. Il en est de même de Lecoq (*Époques géologiques de l'Auvergne*, 1867), où d'ailleurs on ne trouve pour ainsi dire aucun détail précis concernant la minéralogie, pourtant si riche, de cette partie du plateau central.

Bouillet et Lecoq ne font même pas mention du mémoire sur la cristallisation et la composition de la bournonite, publié en 1836 dans les *Annales des Mines* (III, tome X, p. 371 à 380) par Dufrénoy. Je reviendrai plus loin à ce mémoire.

J'ai, dans ma *Minéralogie du département du Puy-de-Dôme* (2e édition, 1876, p. 136 et 137) également cité la découverte de Fournet et indiqué, sur l'autorité de Dufrénoy, deux combinaisons de formes de la bournonite de Barbecot.

Plus tard, en 1882, dans des notes minéralogiques sur les environs de Pontgibaud (*Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon, et Bulletin de la Société Minéralogique de France*, tome V, p. 46), j'ai indiqué l'existence de cristaux de bournonite à la mine de Roure. Ces cristaux sont souvent noyés dans une barytine laminaire blanche; parfois aussi ils sont dégagés, et atteignent d'assez grandes dimensions; ils sont d'ordinaire ternes, et se prêtent mal aux mesures goniométriques, au moins avec le goniomètre de réflexion; parfois très altérés, ils sont recouverts de cristaux de cérusite blanche provenant de leur décomposition.

De très beaux cristaux ont été également rencontrés à la mine de Pranal; ils reposent alors sur la galène octaédrique.

Un important mémoire publié par M. A. Miers (*Mineralogical Magazine and journal of the Mineralogical Society of*

great Britain and Ireland, VI, p. 59 à 79, 1884) a trait, entre autres, aux cristaux de bournonite de Pontgibaud; l'auteur y fait la critique du mémoire de Dufrénoy.

Enfin, V. Goldschmidt (*Index der Krystallformen der Mineralien*, tome Ier, p. 327 à 343, 1886) revient au mémoire de Dufrénoy, et reproduit, en les étendant beaucoup, les observations de M. Miers.

En résumé, il n'existe, touchant la bournonite des mines de Pontgibaud, que le fait de la découverte, sommairement exposée par l'auteur, de cette espèce minérale à Barbecot d'abord, plus tard à Roure et à Pranal, et le mémoire de Dufrénoy. Ce travail ne renferme d'ailleurs que quelques données cristallographiques que l'on retrouve dans son traité de minéralogie (je ne considère ici que la 2e édition).

Quelle valeur ont les données de Dufrénoy ?

Si l'on consulte le mémoire de Miers (en ne nous occupant que de la bournonite de Pontgibaud), on voit (p. 64) qu'il déclare inintelligible le tableau des formes données avec les incidences par Dufrénoy dans son traité de minéralogie, mais que ce tableau s'explique en partie par son mémoire de 1836. Il ajoute plus loin que les calculs de Dufrénoy sont incorrects, mais que les résultats peuvent être probablement interprétés à l'aide d'une table qu'il donne, et dans laquelle les lettres sont celles du mémoire original et non celles du traité de minéralogie, où plusieurs sont inexactes.

Goldschmidt, dans son admirable index, si précieux pour ceux qui s'occupent de cristallographie, se livre à une critique plus minutieuse des données de Dufrénoy contenues, soit dans son mémoire de 1836, soit dans l'édition de 1856 de son traité de minéralogie.

Goldschmidt constate d'abord une erreur, celle-ci de notation sur deux cristaux de Pontgibaud, où, au moins

d'après les figures données dans l'atlas par Dufrénoy (pl. 98, 277, 278) deux mêmes faces sont notées différemment, e^2 sur l'un, e^1 sur l'autre.

Il fait remarquer ensuite que Dufrénoy ne donne pas, en 1836, les angles élémentaires de la bournonite. Dans le traité de 1856 les éléments correspondent à

$$a : b : c = 0{,}938 : 1 : 0{,}6137,$$

mais ne sont pas d'accord avec les symboles du tableau des incidences. En revanche, les éléments de Lévy, soit :

$$a : b : c = 0{,}938 : 1 : 0{,}8912,$$

que Dufrénoy affirme être *donnés sans doute par erreur*, sont parfaitement exacts.

D'après Goldschmidt le tableau de l'édition de 1856 est une copie de celui du mémoire de 1836, et ne s'en distingue que par une notation différente des faces. Mais ce tableau renferme, dit-il, tant d'erreurs que, si celui de 1836 n'est pas très utile, celui de 1856 ne peut servir à rien.

Goldschmidt termine ses *Bemerkungen* par ce jugement sévère touchant le travail de Dufrénoy sur la bournonite :

« Si l'on considère, en somme, la communication de 1856, l'on voit dans trois pages tant d'erreurs accumulées qu'il ne serait pas facile d'en rencontrer autant, étant donné un aussi faible espace, dans la littérature minéralogique. On peut se rendre compte comment cela est possible, si l'on se figure la manière dont vraisemblablement ce mémoire a été rédigé ; c'est peut-être ainsi : Dufrénoy a repris dans sa partie principale son mémoire de 1836 ; il y a joint d'ailleurs à quelques figures, dont je n'ai pu retrouver l'origine,

les notations de Lévy qu'il emprunta avec les symboles marqués. Il tenta alors de mettre en concordance les figures de Lévy avec le tableau d'incidences, et d'adapter à celles-ci les figures de Lévy. Ayant échoué dans sa tentative, Dufrénoy chercha à sortir de ces difficultés en regardant les éléments de Lévy comme erronés, et, au lieu des notations pour lesquelles il ne pouvait trouver de concordance, il en mit au hasard, ou même n'en mit pas du tout.

» Dufrénoy n'a pas utilisé les données de Mohs et de Hausmann, bien qu'il ait eu certainement les premières en main. L'exactitude des éléments de Lévy serait assurément résultée de leur concordance avec les premières.

» De ces considérations on conclut que l'on ne peut retirer que fort peu d'utilité, pour des recherches ultérieures sur la bournonite, du mémoire de 1836, au moins pour ce qui concerne la description des formes; tout au plus peut-on, comme confirmation, rapprocher ces mesures des observations offrant déjà de la certitude; mais les données de 1856 sont d'une complète inutilité. »

Il résulte des diverses observations critiques qui précèdent qu'il n'était pas sans intérêt de reprendre une étude de la bournonite de Pontgibaud, d'autant plus que, depuis un certain nombre d'années, il s'est trouvé dans les galeries de ce groupe minier, à Pranal comme à Roure, mais surtout à Pranal, un assez grand nombre de très bons cristaux. Malheureusement, il était assez difficile de se procurer de ces échantillons; et, ce qui ajoute à ces regrets, c'est que les mines sont aujourd'hui fermées, pour longtemps sans doute, à toute exploitation.

Grâce à l'obligeance de quelques amis, parmi lesquels je comptais feu M. A. Brihat, ancien conducteur des ponts et chaussées à Pontgibaud, il m'a été possible d'avoir quel-

ques bons échantillons, dont l'étude fait l'objet du présent travail (1).

DESCRIPTION DES CRISTAUX ÉTUDIÉS

1er cristal (fig. 1, une fois et demie la grandeur naturelle. — Fig. 1a coupe agrandie).

Ce cristal a été détaché d'un beau groupe, dont faisaient également partie les cristaux suivants, provenant de la mine de Pranal. Bien que n'offrant que la moitié environ de la partie antérieure du prisme, il a comme plus grande dimension 3 centimètres et demi. C'est une macle polysynthétique suivant m. Ses faces dominantes sont p, a^2, b^1 et $b^{1/2}$. Il possède aussi les faces a^3 et $\xi = (b^1 b^{1/3} h^{1/4})$ très peu développées, mais néanmoins fort nettes; la face ξ est répétée. En outre, dans la zone $a^1 b^1 e^1$, on observe une série de faces allongées, plus ou moins étroites, dont plusieurs sont brillantes et m'ont donné de bons pointés au goniomètre de réflexion. Parmi ces faces, se trouve trois fois répétée la face b^1, immédiatement reconnaissable à la loupe grâce à de petites faces ξ que chacune d'elles porte à l'angle supérieur gauche. Je ne les ai pas figurées à cause de leur petitesse. J'ai pris les incidences de ces faces sur la grande

(1) Dans ce travail j'emploierai à la fois les systèmes de notation de Miller et de Lévy-Des Cloizeaux. Les paramètres adoptés sont les suivants:

$$a : b : c :: 0{,}938 : 1 : 0{,}897$$

ce sont ceux de Miller, Hessenberg, Kokscharow, Groth, Dana et Miers ; il convient toutefois de faire remarquer que, pour Miers, c'est le paramètre a qui est égal à 1 ; au reste, les nombres qu'il donne dans son mémoire sont:

$$a : b : c :: 1{,}06612 : 1 : 0{,}95618,$$

ce qui revient à:

$$a : b : c :: 1 : 0{,}938 : 0{,}897.$$

D'autre part, le paramètre a de Goldschmidt correspond au paramètre c de Miers, et, réciproquement, c de Goldschmidt correspond à a de Miers.

face b^1 en collant sur cette dernière une lame de mica très mince. C'est également par ce moyen que j'ai obtenu l'angle de ce b^1 avec la face qui lui est contiguë à droite, et que j'ai désignée par α_1 sur mon dessin. Les faces que j'ai déterminées ainsi sont : 1° e^1, très petite, mais très brillante;

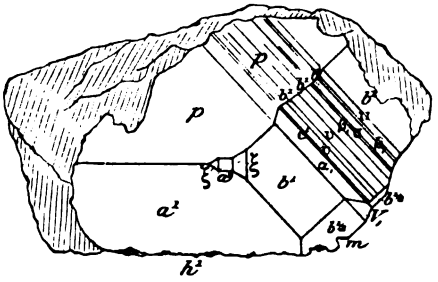


Fig. 1.

2° $(b^1 b^{1/2} h^{1/2})$ = U de Miers. Cette face U se trouve répétée quatre fois. Puis, deux faces nouvelles, à ce que je crois du moins, ne les ayant rencontrées ni dans le mémoire de

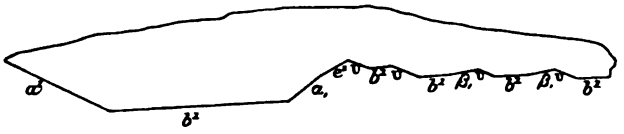


Fig. 1a.

Miers, ni dans l'index de Goldschmidt, savoir : 3° une brachypyramide $(b^{1/6} b^1 g^{1/6}) = e_{1/6} = (5.7.12)$, que, dans mon dessin, je désigne par la lettre β_1; elle est répétée deux fois sur la macle en question; 4° enfin, une macropyramide assez développée, celle que j'ai notée α_1. J'ai pu, grâce à

son développement, mesurer son incidence sur b^1 au goniomètre d'application et au goniomètre de réflexion. Le calcul à l'aide de la formule des faces tautozonales m'a conduit au symbole assez simple $(b^{1/8}b^{1/10}h^{1/6}) = (b^{1/4}b^{1/5}h^{1/4})$.

Ce même cristal m'a présenté une troisième face nouvelle assez développée (elle a 2 millimètres sur 3 1/2) et brillante sur une partie de son étendue. Son incidence sur $b^{1/2}$ est très voisine de celle de la face v de Miers sur ce même $b^{1/2}$; mais, sur b^1, elle diffère notablement de celle de v. Cette nouvelle face, que je désigne par v_1, prend, sur la perspective stéréographique, place entre les zones $b^{1/2}e^1$, et $b^{1/2}g^1$. Le calcul m'a conduit au symbole, un peu compliqué $(b^{1/116}b^{1/16}g^{1/59}) = (50.66.59)$. Le symbole voisin, plus simple, $(b^{1/29}b^{1/3}g^{1/12}) = (10.13.12)$, donne pour b^1v_1 un angle trop différent de l'angle observé pour qu'on puisse l'adopter.

Si, pour achever la description de ce cristal, on étudie la zone du prisme, on observe les faces m, g^1, h^3, h^2, très étroites, mais très brillantes et se répétant plusieurs fois.

En résumé, le cristal n° 1 présente les 15 formes suivantes :

Lévy Des Cloizeaux.	Miller.	Miers.	Lévy Des Cloizeaux.	Miller.	Miers.
—	—	—	—	—	—
p	001	c	$b^{1/2}$	111	y
g^1	010	a	b^1	112	u
m	110	m	$(b^{1/6}b^1g^{1/6})=e_{1/6}$	5.7.12	β, nouvelle
h^3	970	M	$(b^{1/116}b^{1/16}g^{1/59})$	50.66.59	v, nouvelle
h^2	310	η	$(b^1b^{1/3}h^{1/2})$	314	U
e^1	011	n	$(b^1b^{1/3}h^{1/4})$	214	ξ
a^1	101	o	$(b^{1/4}b^{1/5}h^{1/4})$	$9\bar{1}8$	α_1 nouvelle
a^3	102	x			

Le tableau ci-dessous contient les principales incidences, savoir :

	Calculées	Observées.	
mg^1	133°10′	133°21′	goniomètre de réflexion.
mM	172°57′	172°34′ moy.	
$m\eta$	154°12′	154°17′ moy.	
pb^1	146°43′	147°	goniomètre d'application.
$pb^{1/2}$	127°20′	127°30′	
pa^1	136°17′	136°15′ moy.	
$b^1e_{1/6}$	174°46′	174°44′	goniomètre de réflexion.
$e_{1/6}$U	169°47	170° 3′	
$b^1\alpha_1$	146°14′	146° 9′ moy.	
b^1v_1	160°19′	160°15′ moy.	
$b^{1/2}v_1$	173°59′	173°49′	

Nota. — Si, au lieu de prendre pour v_1 le symbole (50.66.59), on prend (10.13.12), on trouve : $b^1v_1 = 161°6'$ et $b^{1/2}v_1 = 173°59'$.

2e cristal (fig. 2, grandeur naturelle; fig. 2a et 2b agrandies).

Remarquable par ses dimensions, ce cristal n'offre qu'une de ses moitiés, et a cependant 6 centimètres 1/2 sur 4, avec une épaisseur de 1 centimètre 1/2; la plupart de ses faces sont nettes, mais ternes. C'est également une macle polysynthétique comme le cristal n° 1, et la zone $a^1b^1e^1$ y présente la même série de facettes allongées et étroites que celui-ci. Comme elles sont ternes, je n'ai pu les étudier aussi complètement que celles du précédent; j'y ai reconnu seulement $e_{1/6}$ et U.

M. P. Groth a décrit (*Die Mineraliensammlung der Kaiser-Wilhelms-Universität Strassburg.* 1878, p. 61, fig. 40 et 41)

deux cristaux de bournonite, dont le premier est une macle polysynthétique suivant *m*, provenant de Horhausen (Nassau), gisement récent, qui, dit l'auteur, a produit les plus

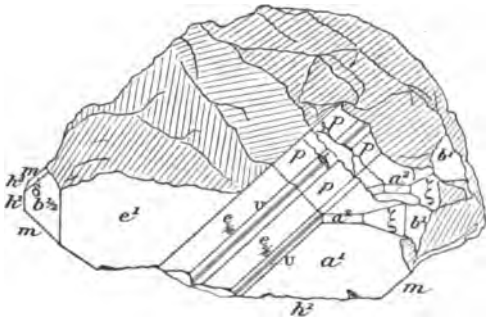
A  B

Fig. 2.

beaux et les plus gros cristaux connus jusqu'ici; or, le plus grand, cassé comme ceux de Pranal, n'a qu'environ 3 centimètres 1/2 de plus grande dimension, d'après la

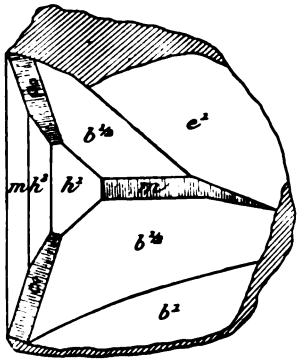
Côté A 

Fig. 2a.

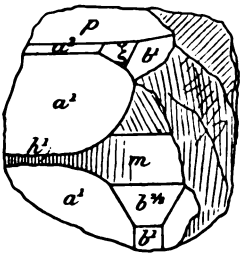
 Côté B

Fig. 2b.

figure donnée par Groth. Il est donc encore inférieur aux cristaux de Pranal, soit comme volume, soit aussi comme richesse de faces.

Le cristal n° 2 présente les 14 formes suivantes :

Lévy Des Cloizeaux.	Miller.	Miers.	Lévy Des Cloizeaux.	Miller.	Miers.
p	001	c	a^1	101	o
g^1	010	a	a^2	102	x
h^1	100	b	$b^{1/2}$	111	y
m	110	m	b^1	112	u
h^3	210	e	$(b^{1/6}b^1g^{1/6})=e_{1/6}$	5.7.12	nouvelle
e^1	011	n	$(b^1b^{1/2}h^{1/2})$	314	U
$a^{1/3}$	301	δ	$(b^1b^{1/3}h^{1/6})$	214	ξ

Dans ce cristal, les faces dominantes sont p, a^1 et e^1; les deux premières sont ternes; e^1 est assez brillante, mais légèrement courbe et finement striée au voisinage de $e_{1/6}$ et parallèlement aux arêtes $e_{1/6}$U; p est grossièrement striée perpendiculairement à l'arête pa^2. Les faces $b^{1/2}$ et b^1 sont très nettes; leur intersection est parfois curviligne (fig. 2$_a$, partie inférieure du cristal de gauche). Les faces $a^{1/3}$ (δ de Miers) sont petites et striées parallèlement à leur intersection avec h^1. Les faces $e_{1/6}$ sont assez larges, mais ternes, comme il est dit plus haut; les faces U, moins développées, permettent toutefois, au moins pour celle qui est contiguë à a^1, une mesure suffisamment exacte. Quant aux faces ξ, elles sont assez étendues et assez planes pour donner des indications certaines. Il en est de même de a^2.

Les faces de la zone du prisme m, h^3, h^1 et g^1 sont très miroitantes; m est finement striée suivant l'arête mh^1.

Les principales incidences sont les suivantes:

	Calculées.	Observées.	
mm	93°40′	93°20′	au goniomètre de réflexion.
mh^3	161°58′	162°	
mh^1	136°50′	137°	
h^3h^1	154°52′	154°30′	

	Calculées.	Observées.	
$h^1\delta$	160°47′	160°40′	au goniomètre d'application.
$b^{1/2}\delta$	138°21′	138°30′	
$mb^{1/2}$	142°40′	142°30′	
$b^{1/2}b^{1/2}$ sur m	105°20′	105°40′	
$b^{1/2}b^1$	160°35′	160°50′	
$b^{1/2}e^1$	144°33′	144°40′	
e^1e^1 sur g^1	83°46′	84°	
pa^1	136°17′	136°30′	
a^1a^1 sur h^1	87°19′	87°	
$a^2\xi$	168°34′	168°30′	
a^2a^1	161°50′	162°	
$a^1\xi$	158°38′	159°	
$b^1\xi$	169°24′	169°10′	

3° Cristal (fig. 3, cinq fois la grandeur naturelle).

Le cristal n° 3, qui offre la même macle que les précédents, n'est qu'à peine la moitié du groupement; il a environ 15 millimètres de plus grande dimension. Les faces m des deux composants ne sont pas exactement dans le même plan vertical, mais font un angle de 172°32′. Les faces dominantes de la macle sont p, h^1, m et a^1; il présente également a^2, $b^{1/2}$ et b^1. Cette dernière est, ce qui d'ailleurs est assez fréquent, creusée de cavités, souvent polyédriques. Ce petit cristal présente cet intérêt particulier que l'on observe sur la zone du prisme une face nouvelle, petite, mais très brillante, et qui donne un excellent pointé; c'est $h^{28/13}$, soit (18.5.0) en notations de Miller. J'ai observé sur d'autres cristaux une face très voisine, sinon la même; mais comme elle était finement striée parallèlement à mh^1, les images étaient pâles et un peu vagues;

j'avais été conduit par mes premières mesures à $h^{12/7}$, soit (19.5.0). Peut-être cette dernière face est-elle à conserver. Mais j'ai plus confiance dans les mesures qui m'ont conduit à $h^{22/13}$.

L'angle $mh^{22/13}$ observé = 151°21′ et calculé 151°26′.

L'angle $mh^{12/7}$ observé = 150°31′ et calculé 150°42′.

Ce même cristal offre sur le composant de gauche deux petites faces nettes, mais ternes, qui sont manifestement en zone d'une part avec ma^1 et d'autre part avec $h^1b^{1/2}$. La projection stéréographique montre qu'elles appartiennent

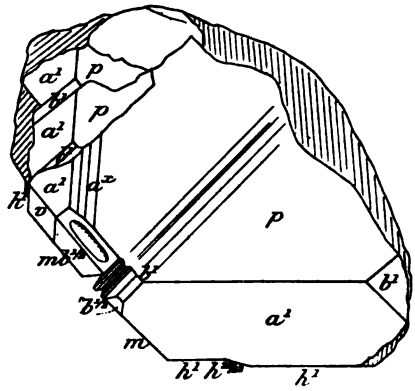


Fig. 3.

à la macropyramide a_2 = (211), désigné par Miers au moyen de la lettre v. La zone ph^1 présente, en outre, une série de trois faces a^x, indéterminables à cause de leur petitesse et de leur peu d'éclat.

En résumé le cristal n° 3 présente les huit formes déterminées p, h^1, m, $h^{22/13}$, a^1, $b^{1/2}$, b^1 et v, et 3 formes indéterminables.

4° Cristal (fig. 4, cinq fois la grandeur naturelle).

Ce quatrième cristal a, à peu près, les mêmes dimensions que le précédent, soit 15 à 16 millimètres de longueur sur 10 de largeur et 10 d'épaisseur. Ses diverses faces sont toutes plus ou moins brillantes, sauf a^1 et e^1; celles de la

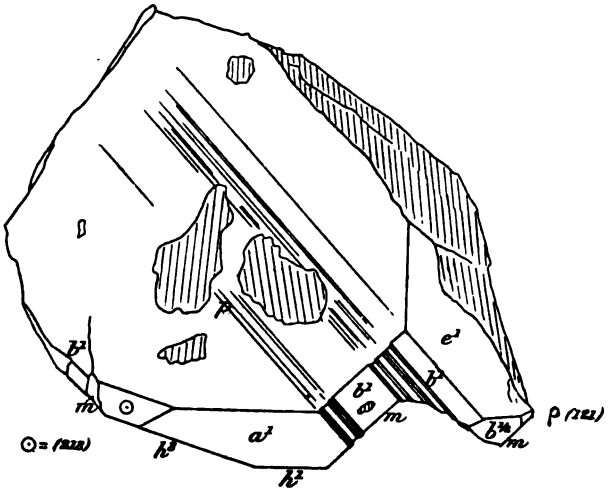


FIG. 4.

zone du prisme sont éclatantes. Ce n'est d'ailleurs encore qu'une moitié de macle suivant *m*, et je n'en aurais pas fait une mention spéciale, si elle n'offrait une face assez rare $\rho = (121)$ que détermine l'intersection des zones $m\,e^1$ et $g^1 b^{1/2}$. Le cristal en question montre les dix faces *p*, h^1, *m*, h^3, a^1, e^1, $b^{1/2}$, b^1, ⊙ et ρ.

5e Cristal (fig. 5, très agrandie).

La figure 5 ne donne qu'une partie du cristal que j'ai étudié, et qui se compose d'un groupement, sur du quartz hyalin, de deux cristaux maclés d'après la loi ordinaire; mais, la partie que j'ai représentée est seule intéressante; elle montre, en effet, trois faces rares de la zone $p\,h^3$; l'inférieure est v (211) qui est parfaitement déterminée par l'intersection des zones $m\,a^1$ et $h^1\,b^{1/2}$; celle du milieu S (212) par celle des zones $a^1\,b^{1/2}$ et $p\,h^3$; la supérieure ξ (214), déjà reconnue sur les cristaux n° 1 et n° 2, est nettement en

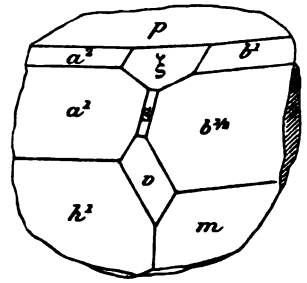


Fig. 5.

zone avec $a^2\,b^1$ et $p\,h^3$. Ces trois faces sont petites et ternes; je n'ai pu, par conséquent, mesurer leurs mutuelles incidences; mais elles offrent une telle netteté de contours que leur détermination ressort manifestement, même sans mesures, de la considération des zones diverses auxquelles elles appartiennent.

Les formes que me fournit cette partie de la macle étudiée dont il s'agit ici, au nombre de dix, sont: p, h^1, m, a^1, a^2, $b^{1/2}$, b^1, v, S et ξ.

6° Cristal (fig. 6, cinq fois la grandeur naturelle).

Dans la macle n° 6, dont je n'ai également représenté que la partie nette et intéressante, et qui est quintuple, bien qu'incomplète, les deux cristaux composants sont assemblés irrégulièrement, en ce sens que les faces p sont légèrement obliques l'une par rapport à l'autre; mais les faces h^1 sont dans le même plan vertical. J'ai figuré cette partie de la quintuple macle parce que chacun des deux composants reproduit la succession des faces h^1, h^2 et h^3 de la zone du prisme, et que les deux dernières, h^2 surtout, sont assez rares, au moins dans les cristaux de Pranal que j'ai eus à

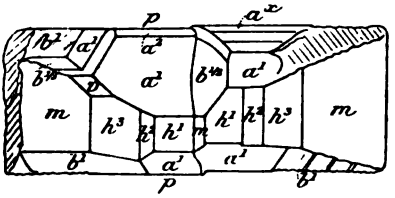


Fig. 6.

ma disposition; ces faces sont d'ailleurs, ainsi que les faces m, très brillantes et m'ont donné d'excellents pointés.

Dans ces divers cristaux et d'autres encore, je n'ai, qu'une fois ou deux, rencontré les faces g^1 et g^3; la bournonite semblerait donc se présenter à l'observateur conformément aux conventions qu'on adopte pour la position du prisme orthorhombique, la zone pg^1 étant le plus souvent inobservable.

Le composant de gauche offre les dix faces p, h^1, m, h^2, h^3, a^1, a^2, $b^{1/2}$, b^1 et v, et celui de droite les sept faces p, h^1,

m, h^2, h^3, a^1, b^{1n} et b^1, et, de plus, la série des faces a^x, déjà rencontrées sur le cristal n° 3, parmi lesquelles probablement a^2 et a^3, mais dont je n'ai pu encore déterminer les symboles, à cause de leur peu d'éclat et leur petitesse.

RÉSUMÉ

En résumé, de l'étude d'environ une trentaine de cristaux de bournonite des mines de Pontgibaud, et surtout de la mine de Pranal, parmi lesquels j'ai figuré seulement les

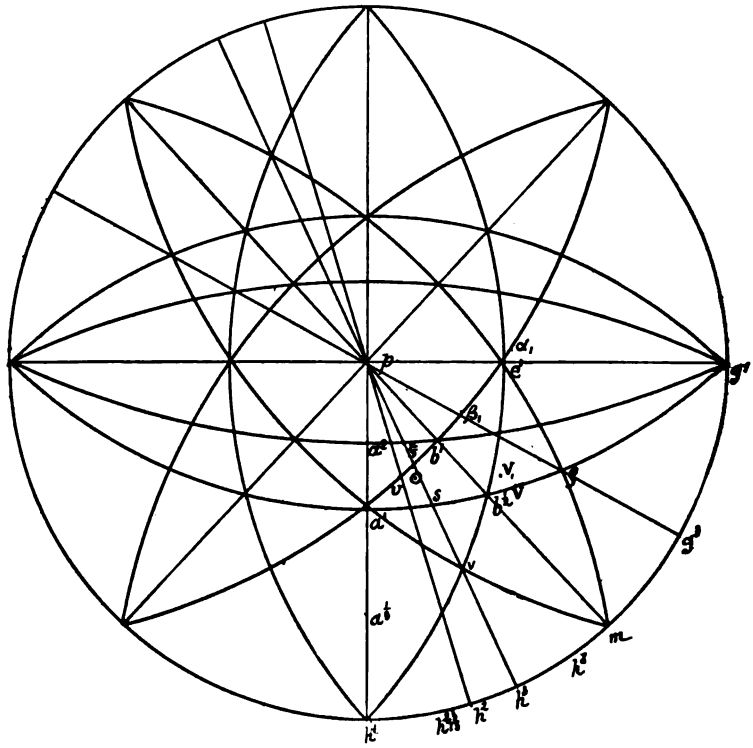


Fig. 7.

six qui m'ont paru offrir le plus d'intérêt, à cause de leur richesse de formes, de leur netteté ou de leurs dimensions exceptionnelles, il résulte que cette belle espèce minérale, qui s'est rencontrée, soit empâtée dans la barytine laminaire blanche, soit recouvrant la galène de si remarquables cristaux (1), soit enfin altérée et recouverte elle-même de cérusite, il résulte, dis-je, que cette belle espèce minérale est beaucoup plus riche en formes simples que ne le laissent supposer les deux seules figures que Dufrénoy (2) a consacrées à sa description.

J'ai observé les 24 formes simples suivantes, dont quatre nouvelles (voir la projection stéréographique), soit :

Symboles Lévy-Des Cloizeaux.	Symboles Miller.	Notations de Miers.
p	001	c
g^1	010	a
h^1	100	b
g^3	120	f
m	110	m
h^6	970	M
h^3	210	e
h^2	310	η
$h^{28/13}$	18.5.0	nouvelle F. G.
e^1	011	n
a^2	102	x
a^1	101	o
$a^{1/3}$	301	δ
b^1	112	u
$b^{1/2}$	111	y

(1) A Pranal, on a également trouvé de magnifiques cristaux de tétraédrite simples ou maclés suivant a^2, et que les mineurs désignent sous le nom expressif de *nœuds de cravates*, quand ils sont maclés.

(2) Il ne mentionne que les faces p, h^1, e^1, e^3, a^1 et b^1.

Symboles Lévy-Des Cloizeaux.	Symboles Miller.	Notations de Miers.
$(b^{1/3}b^1g^1) = e_3$	121	ρ
$(b^{1/6}b^1g^{1/6}) = e_{1/6}$	5.7.12	β_1 nouvelle F. G.
$(b^{1/116}b^{1/16}g^{1/59})$	50.66.59	v_1 nouvelle F. G.
$(b^1b^{1/3}h^1) = a_3$	211	v
$(b^1b^{1/3}h^{1/2})$	212	S
$(b^1b^{1/3}h^{1/3}) = a_{1/3}$	213	⊙
$(b^1b^{1/3}h^{1/4})$	214	ξ
$(b^1b^{1/2}h^{1/2}) = a_{1/2}$	314	U
$(b^{1/4}b^{1/5}h^{1/4})$	$9\bar{1}8$	α_1 nouvelle F. G.

Addition aux études cristallographiques sur la calcite de Couzon.

Par F. Gonnard.

Depuis ma note insérée dans le tome XX (nos 1-2, 1897) du *Bulletin*, j'ai rencontré deux autres formes simples de calcite, nouvelles pour le gisement de Couzon, et qui viennent s'ajouter aux 27 que j'ai signalées.

La première $e^{1/3}$ fait partie d'une combinaison déjà étudiée par Haüy, savoir : $b^1 e^2 e^{1/3}$, et indiquée par lui comme provenant de Norwège, sans autre désignation (voir fig. 88 de l'atlas de la 2e édition de son *Traité de Minéralogie)*. Les cristaux que j'ai examinés sont implantés et n'ont guère plus de 4 à 5 millimètres de plus grande dimension. Ils présentent les particularités suivantes : b^1 est finement strié, comme d'ordinaire, suivant les bissectrices des angles formés par les arêtes culminantes du rhomboèdre ;

malgré cela, elle donne d'assez bonnes images; par contre $e^{1/3}$ est terne, et j'ai mesuré son incidence sur b^1, en collant sur elle une lame de mica mince; quant à e^2, elle est toujours inégale et ne fournit que de mauvais pointés.

Mesuré : $b^1 e^{3/2} = 167°48'$. Calculé : $b^1 e^{1/3} = 167°58'$.

La seconde $e^{3/2}$ se trouve également dans une autre combinaison signalée par Haüy, savoir : $b^1 e^2 e^{3/2} d^2$, que ce savant dit provenir des environs de Caen (fig. 124 de son atlas). Les cristaux de Couzon étudiés par moi, implantés comme les précédents, ont de 15 à 18 millimètres de longueur suivant l'axe ternaire; b^1 est striée et peu miroitante; d^2, bien développée, est assez unie d'ordinaire, parfois inégale; e^2 est toujours ondulée; $e^{3/2}$ est très inégale et présente en son milieu une gouttière dont l'axe est avec l'axe ternaire dans un plan vertical; cette gouttière est d'ailleurs très obtuse. Les mesures ont été faites avec le goniomètre d'application. Sur ces cristaux, on observe les lignes de corrosion. qui déterminent des plans parallèles à b^1.

Incidences.	Mesurées.	Calculées.
$b^1 b^1$	135°	134°57'
$d^2 d^2$	144°30'	144°24'
$d^2 e^{3/2}$	140°	139°44'
$d^2 e^2$	152°	151°56'

ERRATA AU TOME XX

Page 6, note 2 : au lieu de enphotide, lire *euphotide*.

Page 7, en note : au lieu de Stuchlmann, lire *Stuhlmann*.

Page 110, ligne 3 en remontant : au lieu de gabbrios, lire *gabbros*.

Page 110, ligne 2 en remontant : au lieu de glaucephane, lire *glaucophane*.

Page 129, lignes 4 et 10 en remontant :
Page 130, ligne 1 en descendant, et 5 en remontant :
Page 132, lignes 3, 8 et 17 en descendant :
} au lieu de 35°,8′, lire *35°8′*.

Page 191, ligne 2 en remontant : au lieu de bassin, lire *ballon*.

Page 180, ligne 6 en remontant : au lieu de pe_3, lire a^1e_3.

TABLE PAR NOMS D'AUTEURS

DES TRAVAUX ORIGINAUX PUBLIÉS DANS LE TOME XX

Pages.

BERTRAND (Léon). — Sur un moyen de détermination pratique des feldspaths plagioclases dans un cas particulier . . 219
BOURGEOIS (Léon). — Rapport du trésorier 1
DAMOUR (A.). — Sur l'association de l'anthracite et de la pyrophyllite aux émeraudes de la Colombie 123
— Discours prononcé aux obsèques de M. Des Cloizeaux . . 170
DUPARC (L.) et PEARCE (F.). — Note sur quelques formes cristallines de quelques composés organiques 7
FRANCHI et STELLA. — La lawsonite des roches métamorphiques des Alpes piémontaises. 5
FRIEDEL (Georges). — Sur un chloro-aluminate de calcium hydraté se maclant par compression. 122
GAUBERT (Paul). — Revue des espèces minérales nouvelles 163, 198
GENTIL (L.). — Matériaux pour la minéralogie de l'Algérie. 210
GONNARD (F.). — Études cristallographiques sur la calcite des carrières de Couzon (Rhône) 18
— Sur des cristaux de calcite provenant du tunnel de Collonges (Rhône) 121
— Sur le corindon de l'arrondissement de Biella (Italie). . 177
— Note rectificative, cristal de pinite de Saint-Pardoux. . . 181
— Étude cristallographique de la bournonite des mines de Pontgibaud (Puy-de-Dôme) 312
— Addition aux études cristallographiques sur la calcite de Couzon 330
LACROIX (A.). — Sur la brushite et la métabrushite. . . . 112
— Matériaux pour la Minéralogie de France; kaolinite cristallisée de Saint-Mary-le-Plain (Cantal) 118
— Sur l'existence de l'ouwarowite dans l'île de Skyros. . . 120
— Sur la marcasite de Pontpéan (Ille-et-Vilaine) et sur les pseudomorphoses qu'elle constitue 223

Pages.

LACROIX (A.). — Sur l'amalgame argentifère de la mine des Chalanches (Isère) 233
— A. Des Cloizeaux 260
— Sur les produits de décomposition des pyrites du bassin de Paris, de Naxos et de Susaki près Corinthe 288
— Sur la lawsonite de Corse et de la Nouvelle-Calédonie. . 307
— Sur la polylite de Thomson 308
PEARCE (F.) et DUPARC (L.). — Note sur quelques formes cristallines de quelques composés organiques 7
PISANI (F.). — Présentation de minéraux; calcite de Joplin . 111
— Euchairite 204
SCHULTEN (A. DE). — Sur la production artificielle de la laurionite et de composés isomorphes avec celle-ci. . 186
— Sur la production artificielle à la température ordinaire de la phosgénite et de la phosgénite bromée 191
— Production artificielle simultanée de la laurionite, de la phosgénite et de la cérusite 194
— Sur la production des carbonates cristallisés de cadmiun et de manganèse (diallogite artificielle) 183
STELLA et FRANCHI. — La lawsonite des roches métamorphiques des Alpes piémontaises. 5
TERMIER (P.). — Sur la bournonite de Peychagnard (Isère). 101
— Sur le cinabre et l'onofrite de Ouen-Shan-Tchiang. . . . 204
— Sur la forme cristalline du borate de lithium Bo^2O^3, Li^2O, $16\,H^2O$ 257
WALLERANT (Fréd.). — Mémoire sur la quartzine et sur l'origine de la polarisation rotatoire du quartz. 52
— Note sur la mesure des biréfringences des minéraux en lames minces 172
— Note sur une forme naissante du quartz 173
— Détermination des indices de réfraction des minéraux des roches 234
WEISS (P.). — Recherches sur l'aimantation de la magnétite cristallisée. 137

TABLE ALPHABÉTIQUE ET ANALYTIQUE

DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XX

ABRÉVIATIONS USITÉES DANS CETTE TABLE

An.	Analyse.	*Gis.*	Gisement.
Synt.	Synthèse.	*Min. nouv.*	Minéral nouveau.
Crist.	Étude cristallographique.	*Opt.*	Étude optique.

A

Aimantation de la magnétite, P. Weis, 137.
Arsénotungstate d'ammonium (crist.), L. Duparc et Pearce, 7.
— **de baryum**, L. Duparc et Pearce, 12.
Amalgame argentifère (Chalandres), A. Lacroix, 233.
Analcime (Cap Djinet), L. Gentil, 216.
Anthracite (Muso), A. Damour, 183.
Apatélite, A. Lacroix, 303.
Apophyllite (Cap Djinet). L. Gentil, 215, 217.

B

Biréfringence (mesure), F. Wallerant, 172.
Bixbyite (min. nouv.), S.-S Penfield et H.-W. Foote, 199.
Bliabergite (min. nouv.), Igelström, 164.
Borate de lithium (Bo^2O^3, Li^2O, $16H^2O$), P. Termier, 257.
Bournonite (Peychagnard) (crist.), P. Termier, 101.
Brushite (gis. nouv.), A. Lacroix, 112.

C

Calcédoine (opt.), F. Wallerant, 98.
Calcite (Couzon, crist.), F. Gonnard, 18 et 330.
— (Collonges), F. Gonnard. 121.
— (Joplin), F. Pisani, 111.
Carbonate de cadmium (synth), A. de Schulten, 195.
— **manganèse** (synth.), A. de Schulten, 195.
Cérusite (synth.), A. de Schulten, 194.
Chlorite (Cap. Djinet), L. Gentil, 217.
Chloroaluminate de calcium hydraté, G. Friedel, 122.
Cinabre (Ouen-Shan-Tchiang), P. Termier, 111 et 204.
— (Réalmont), A. Lacroix, 118.
Copiapite, A. Lacroix, 304.
Corindon (Biella), F. Gonnard. 177.
Corrosion (figures de), F. Gonnard, 58.
Cristaux (dilatation), E. Damour, 163.

D

Diallogite (synth.), A. de Schulten, 195.

E

Enclaves calcarifères (Cap Djinet), L. Gentil, 213.
— **quartzeuses** (Cap Djinet), L. Gentil, 212.
Euchaïrite (Bioga), Pisani, 111.

F

Feldspaths plagioclases (détermination), L. Bertrand, 219.

G

Galène (min. nouv.), A. Lacroix, 238.
Gersbyite, Igelström, 202.
Groupement de minéraux, A. Lacroix, 227.
Gypse (Bassin de Paris), A. Lacroix, 292.

H

Halotrichite (Bassin de Paris), A. Lacroix, 298.

I

Indices de réfraction (mesure des), F. Wallerant, 234.
— — (quartzine), F. Wallerant, 78-94.

K

Kaolinite (Saint-Mary-le-Plain), A. Lacroix, 119.

L

Lawsonite (synth.), A. de Schulten, 186 et 194.
— (Alpes), Franchi et Stella, 6.
Lawsonite (Corse), A. Lacroix, 118.

M

Macle (chloroaluminate de calcium hydraté), G. Friedel, 122.
Macle (cinabre), P. Termier, 207.
Magnétite (aimantation), P. Weiss, 137.
— (structure), P. Weiss, 145.
Marcasite (Pontpéan), A. Lacroix, 223.
— (Bassin de Paris), Id. 290.
Mélantérite, Id., 291.
Mésotype (Cap Djinet), L. Gentil, 214.
Mesures de biréfringence, F. Wallerant, 172.
Métabrushite (gis. nouveau), A. Lacroix, 112.
Munkforsite (min. nouv.), Igelström, 164.

O

Onofrite (Ouen-Shan-Tchiang), P. Termier, 204.
Orthophenylbenzoate de lithium, L. Duparc et Pearce (crist.), 17.
Ouwarowite (Skiros), A. Lacroix, 120.

P

Pharmacolite (opt.), A. Lacroix, 118.
Phosgénite (synth.), A. de Schulten, 191.
— bromée (synth.), A. de Schulten, 191.

Phosphotungstate de potassium (crist.), L. Duparc et F. Pearce, 11.
Pinite (Saint-Pardoux), F. Gonnard, 181.
Polarisation rotatoire (quartz), F. Wallerant, 52.
Polylite, A. Lacroix, 308.
Pseudomorphoses, A. Lacroix, 223.
Pyrite (Pontpéan), A. Lacroix, 229.
— (Bassin de Paris). Id.
Pyrophyllite (Colombie), A. Damour, 183.
Pyrrhotite (Pontpéan), A. Lacroix, 226.

Q

Quartz (orig. de la pol. rotatoire), F. Wallerant, 52.
— (constitution physique), Id., 98.
— (forme naissante), Id., 193.
— (Valais). Pisani, 101.
Quartzine (opt.), F. Wallerant, 52.
Quirogite (min. nouv.), F. Navarro, 164.

R

Ransatite (min. nouv.), Igelström, 164.
Reproduction artificielle, A. de Schulten, 186, 191, 194 et 195.
Roeblingite (min. nouv.), S.-L. Penfield et H.-W. Foote, 200.
Rutile (Valais), F. Pisani, 101.

S

Sidérose, A. Lacroix, 298.
Stilbite (Cap Djinet), L. Gentil, 218.

T

Tétrachlorure de l'acide tétrachlorophtalique (crist.), L. Duparc et F. Pearce, 14.
Thiocronate de potassium, (crist.), L. Duparc et F. Pearce, 15.
Thomsonite (Cap Djinet), L. Gentil, 215.

W

Websterite (Bassin de Paris), A. Lacroix, 297.
Wellsite (min. nouv.), H. Pratt et H.-W. Foote, 200.

Z

Zéolithes (Cap Djinet), L. Gentil, 210.

Le Secrétaire, gérant,

Paul GAUBERT.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX (SUCC. B), RUE DE LA SAINTE-CHAPELLE, 5. — 2822-97.

Fig. 1 — Gr. = 3/2

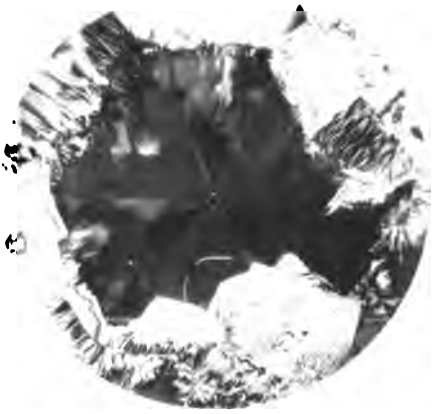


Fig. 2 — Gr. = 34

Fig. 3 — Gr. = 90

Fig. 4 — Gr. = 90

Fig. 5 — Gr. = 90

Fig. 6 — Gr. = 200

Fig. 1 — Gr. = 24

Fig. 2 — Gr. = 34

Campy, 36, Avenue de Châtillon, Paris

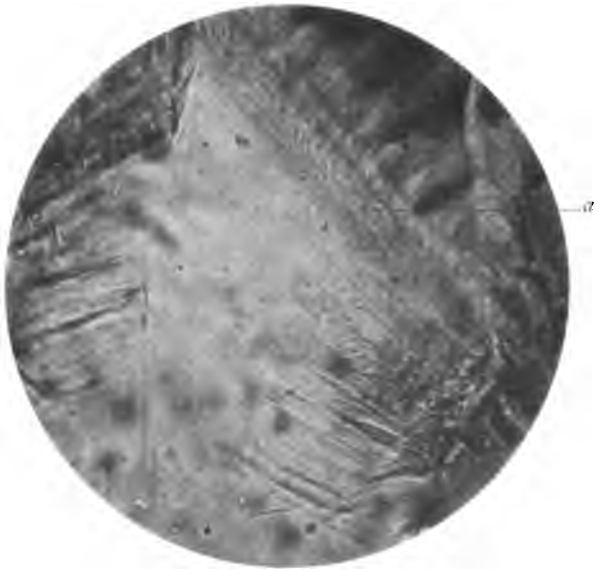


Fig. 2 — Gr. = 160

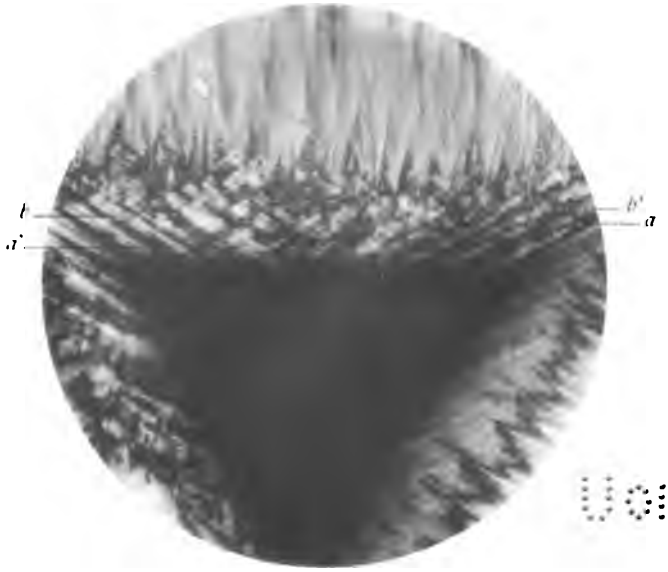


Fig. 1 — Gr. = 240

Campy, 36, Avenue de Châtillon, Paris

Fig. 2 — Gr. = 100

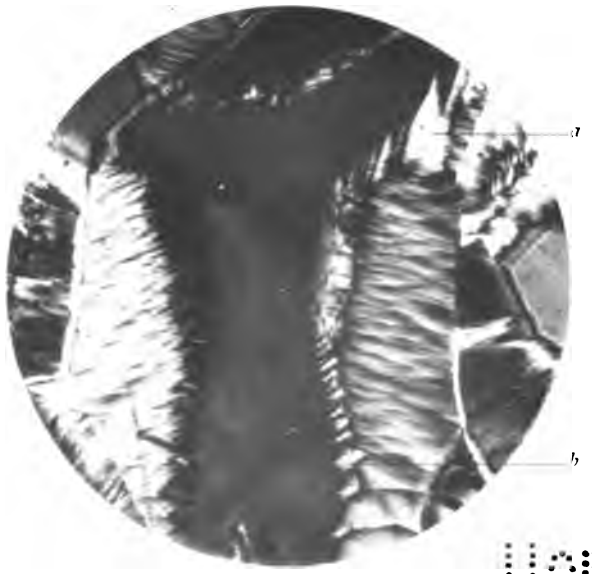


Fig. 1 — Gr. = 80

U of M

Campy, 36, Avenue de Châtillon, Paris

I

II

III

IV

V

VI